



Munich Personal RePEc Archive

A Stochastic General Equilibrium Model of a Small, Open Economy to Assess the Performance of Fiscal and Monetary Policies: the Mexican Case 1990-2015

Hernández-Ramos, Lesdy Natalie and Venegas-Martínez,
Francisco

Instituto Politécnico Nacional, Instituto Politécnico Nacional

30 June 2018

Online at <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/87666/>

MPRA Paper No. 87666, posted 01 Jul 2018 09:58 UTC

Un modelo estocástico de equilibrio general de una economía pequeña y abierta para evaluar el desempeño de la política fiscal y monetaria: el caso mexicano 1990-2015

(A Stochastic General Equilibrium Model of a Small, Open Economy to Assess the Performance of Fiscal and Monetary Policies: the Mexican Case 1990-2015)

Lesdy Natalie Hernández-Ramos

Instituto Politécnico Nacional
LESDY_NATALIE@hotmail.com

Francisco Venegas-Martínez

Instituto Politécnico Nacional
fvenegas1111@yahoo.com.mx

Resumen

La presente investigación desarrolla un modelo estocástico de equilibrio general de una economía pequeña y abierta útil para examinar cómo la volatilidad generada por diversos factores de riesgo afecta el desempeño de las políticas fiscal y monetaria. Las variables económicas y financieras relevantes son modeladas con movimientos geométricos brownianos combinadas con saltos de Poisson. Los problemas de toma de decisiones de todos los agentes participantes en la economía son resueltos y el equilibrio general es caracterizado. Por último, diversas especificaciones econométricas provenientes de los resultados teóricos del modelo propuesto son utilizadas para evaluar el desempeño de las políticas fiscal y monetaria en México, en 1990-2015, en un entorno de riesgo e incertidumbre.

Clasificación JEL: D58, B16, D81, O23

Palabras clave: Equilibrio general, toma de decisiones bajo riesgo e incertidumbre, política fiscal y monetaria.

Abstract

This paper is aimed at developing a stochastic general equilibrium model of a small and open economy to examine how the volatility generated by risk factors affects the performance of fiscal and monetary policies. The relevant economic and financial variables are modeled with geometric Brownian motions combined with Poisson jumps. The decision-making problems of all agents participating in the economy are solved and the general equilibrium is characterized. Finally, several econometric specifications derived from the theoretical results of the proposed model are used to assess the performance of fiscal and monetary policies in Mexico, in 1990-2015, in an environment of risk and uncertainty.

JEL Classification: D58, B16, D81, O23

Keywords: General equilibrium, decision making under risk and uncertainty, fiscal and monetary policy.

1. INTRODUCCIÓN

Las políticas macroeconómicas tienen como finalidad crear condiciones óptimas para la estabilización de los precios, o control de la inflación, y la reducción del desempleo. Las políticas monetarias se ocupan de las tasas de interés y de los niveles de crédito en la economía. Es difícil determinar mediante oferta y demanda los precios de todos los productos y servicios de la economía, es por ello que para poder mantener la estabilidad de precios el banco central define la política monetaria.

Las variables macroeconómicas presentan cambios no previstos, los cuales afectan a las variables fundamentales y al final se ve impactado negativamente el bienestar de los individuos; luego para disminuir dicha afectación del bienestar se crean las políticas económicas, las cuales necesitan información confiable para poder contrarrestar los efectos de la volatilidad de las variables. Es por ello que el objetivo de esta investigación es tomar en cuenta la volatilidad de las variables con el fin de reducir riesgos y aumentar la eficiencia de las políticas económicas. La incorporación de factores de riesgo e incertidumbre en un modelo macroeconómico de una economía pequeña y abierta proporcionará resultados teóricos que se asemejen a los que presenta la economía y para ello se desarrolla un modelo estocástico que incorpore dichos factores de riesgo, particularmente factores que generan volatilidad en las variables económicas y financieras relevantes que afectan el desempeño de las políticas fiscal y monetaria.

La presente investigación está dividida en cinco secciones. En la segunda sección presentamos el panorama general que ha tenido México en 1990-2015 para destacar hechos estilizados que nos permitan establecer un modelo teórico. En la tercera sección desarrollaremos el modelo estocástico de una economía pequeña y abierta con tres sectores: consumidores, empresas y gobierno, tomando en cuenta la presencia de agentes representativos (consumidores maximizadores de utilidad y empresas maximizadoras de beneficios). Se resolverán los problemas de optimización de los agentes de la economía y se caracteriza el equilibrio general. En la cuarta sección se evaluarán los efectos de la volatilidad y el riesgo en las variables macroeconómicas a través de especificaciones econométricas derivadas de los resultados teóricos del modelo propuesto. Por último se presentan las conclusiones.

2. LA POLÍTICA ECONÓMICA EN MÉXICO DESDE 1990: CARACTERÍSTICAS Y DESEMPEÑO ECONÓMICO

La economía mexicana ha presentado cambios importantes no previstos en cuanto a las variables macroeconómicas. En 1994 con la firma del TLC, la tasa de interés de EE.UU era muy elevada, la reducción de las exportaciones y la disminución de las reservas internacionales del Banco de México provocaron especulaciones generando incertidumbre y desalentando el gasto privado, afectando la inversión, y haciendo que los consumidores redujeran su consumo presente lo cual estaba aunado a un déficit de la cuenta corriente de la balanza de pagos. El riesgo cambiario se salió de control, presentando una crisis financiera que ocasionó la caída del PIB, una tasa de inflación elevada, un aumento de los precios en bienes y servicios, y una devaluación del peso frente al dólar (se tomó un régimen cambiario de flotación libre). En este año la política fiscal redujo el gasto de gobierno, aumentó el IVA y se creó el programa Saneamiento de las Finanzas Públicas.

En 1998 debido a perturbaciones externas (Rusia, Brasil y oriente Asiático) se desaceleró la producción y la creación de nuevos empleos, además de que las tasas de interés de EE.UU eran inciertas pues comenzaba una etapa de desaceleración y el precio del petróleo disminuyó, lo que generó una reducción en los ingresos del gobierno.

Para el 2001, nuevamente causas externas como el atentado terrorista en EE.UU afectó las exportaciones, el transporte aéreo y el turismo, y esto impactó la producción en México. En el 2008 se generó una crisis hipotecaria en EE.UU que afectó los mercados globales, el mercado formal se vio afectado, cayeron las remesas de los migrantes, y posteriormente en México causas como la influenza AH1N1 y el cierre de dos plantas automotrices generaron una disminución en la producción del país.

2.1. La política fiscal

Desde los años ochenta hasta la primera mitad de los años noventa se mantiene una política de disminución de gasto público, ya que el objetivo principal de la política económica fue estabilizar el nivel de precios a través de un equilibrio presupuestario, en general hubo un crecimiento constante de 1988 a 1994. En estos años sobresale una disminución del Impuesto Sobre la Renta de 42% a 34% disminuyeron las tasas impositivas pero se amplía la base tributaria de los impuestos, el Impuesto al Valor Agregado (IVA) pasa de estar en 20% a 15% y posteriormente se posiciona en 10% y se elimina de los alimentos.

A partir de 1990 se trabajó con el saneamiento de las finanzas públicas que se centró en el pago de los intereses de la deuda y un poco en el superávit de los ingresos sobre los gastos. El fracaso de las medidas usadas en 1994 generó la crisis financiera que ocasionó una caída del PIB, una tasa de inflación elevada y una devaluación del peso con respecto al dólar; se desencadenó una emergencia económica (crisis bancaria, crisis de pagos de deuda externa y crisis cambiaria) donde la volatilidad de los mercados internos y externos acrecentaron las dificultades de la economía. Esta crisis financiera generó un gran ajuste del gasto público, A partir de este año y hasta el 2000 se racionalizó el gasto y no presentó crecimientos importantes.

En 1994 el gobierno tomó algunas medidas entre las cuales destacan un régimen cambiario de flotación libre, un aumento en precios y tarifas de bienes y servicios, la reducción del gasto de gobierno, y la disminución del impuesto al valor agregado. El gasto privado de inversión y el consumo disminuyeron sustancialmente y, posteriormente, la tasa de desempleo aumentó de 3.5 a 6.9%.

En 1995 el papel de la política fiscal fue crucial pues se tuvo que hacer frente a un ajuste económico. Fue necesario tomar medidas para fortalecer las finanzas públicas; una de las medidas fue incrementar la tasa general de IVA de 10% a 15% y un recorte del gobierno federal; esta y otras medidas permitieron compensar el desplome de los ingresos tributarios (consecuencia de la recesión) y el incremento en el pago de intereses sobre la deuda pública (consecuencia de las altas tasas de interés y el tipo de cambio más depreciado). De igual manera, en este año el excedente del gobierno

disminuyó 92% y de esta manera desapareció el superávit presupuestario, esto se debió a que el consumo y el salario disminuyeron.

Para enfrentar la crisis bancaria que se vivía en 1995 se creó un programa de saneamiento financiero donde se establecieron medidas para la capitalización de los bancos, intervenciones bancarias y apoyo a deudores. Se crea una nueva Ley del Seguro Social donde se ampararon a los jubilados y se realizaron también otros programas con el objetivo de estabilizar los precios y garantizar la viabilidad del sistema bancario, y de esta manera aumentar los ingresos públicos. También en este año entra en vigor el Tratado de Libre Comercio de América del Norte, y se adopta un sistema de tipo de cambio flexible.

En 1996 la economía entra a una fase de recuperación, los niveles de producción y empleo se fueron restableciendo (principalmente las exportaciones), la volatilidad de los mercados disminuyó lo que permitió estabilizar el tipo de cambio y reducir poco a poco las tasas de interés, mientras que la inflación disminuía rápidamente, el gasto de capital privado creció como respuesta al gasto expansivo del gobierno.

Para 1997 se presenta un deterioro en las finanzas públicas pues con la ley del seguro social creada dos años atrás se le responsabiliza al gobierno de las pensiones y jubilaciones de los trabajadores, lo cual implicó un aumento del gasto del gobierno. Posteriormente, para 1998 en el ámbito internacional se suscitaban algunas crisis financieras (en el oriente asiático, Rusia y Brasil). Esto generó volatilidad de los mercados financieros, y en México se presenta un desplome del precio del petróleo. Posteriormente se presentó una ligera desaceleración de la producción y el empleo. Pero esta situación fue pasajera, para 1999 se consolidó la expansión de la economía mexicana.

De 1996 a 1999 los ingresos tributarios aumentaron de 9% al 12% del PIB, los no tributarios cayeron del 6.6% al 3.3% del PIB (esto fue debido a que la actividad petrolera estuvo en crisis en 1998). En consecuencia, los ingresos totales del Gobierno Federal cayeron del 15.5% en 1996 al 14.5% en 1999. Todo esto se vio reflejado en un mayor déficit del gobierno federal de 1.7% del PIB en 1999 comparado con el 0.5% en 1996. (Santaella, 2000, p6).

Para el 2000 la economía de EE.UU se encuentra en una etapa de desaceleración y al estar muy vinculada la economía mexicana con el extranjero y en específico con dicho país, la economía mexicana presenta una recesión para el 2001. Posteriormente, en el exterior suceden conflictos bélicos en el Oriente Medio que crean incertidumbre a nivel mundial, lo cual afectó el crecimiento económico; no es hasta el 2003 cuando el papel del gasto se enfoca a reactivar la economía.

Durante la recesión del 2001 el desempleo se mantuvo similar al del 2000 y el consumo no decayó, sino que aumentó ligeramente. Desde que inició la desaceleración, el gobierno hizo una reducción del gasto y realizó ajustes al presupuesto, no se afectó el tipo de cambio debido a que el gobierno tenía un buen nivel de reservas. Entre el 2001 y 2003 el gasto publico aumentó más del 19%; sin embargo, todo estaba estancado debido a la caída de los ingresos petroleros, en este periodo el superávit presupuestario se elevó.

En el 2002 la política del gasto público se centró en proteger los bienes de la población (gasto en educación, salud, nutrición y seguridad pública), además de que se asignaron recursos para mejorar la operación de PEMEX y así aumentar sus inversiones. Para el 2003 los ingresos petroleros aumentaron debido a que el precio del hidrocarburo aumentó alcanzando un nivel muy alto, luego el superávit creció nuevamente.

Para el año 2004 el objetivo fue preservar la estabilidad macroeconómica y financiera por lo que se trató de reducir el déficit público para alcanzar el equilibrio presupuestario en los siguientes años. Se presentó una expansión del 30% en los ingresos petroleros debido a un incremento del precio del barril de exportación; posteriormente, el gasto publico aumentó.

En el 2007 se aprobaron dos leyes fiscales, una fue para el impuesto a los depósitos de efectivo (IDE) y otra para un impuesto empresarial a tasa única (IETU) que

tenían como objetivo según el SAT¹ “que nuestro país cuente con un sistema tributario más equitativo y simple que evite la evasión y la elusión fiscal”. Luego en el 2009 debido a la crisis del 2008 se implementó otra reforma fiscal la cual consistió en que el IVA pasaba de 10% a 11% en la zona fronteriza, mientras que en el resto aumentaba de 15% a 16%, el ISR se incrementaría durante los tres años siguientes de 28% a 30%. Para 2013 se redujo un punto porcentual y para 2014 regresaría a 28%, y por último se creó un impuesto de 3% a telecomunicaciones.

En el 2012 el gobierno presentó un paquete de reformas llamado el “Pacto por México”, el cual tenía como objetivo poner al país en mejores condiciones. Se realizaron trabajos legislativos que permitieron proponer mejoras en competencia, educación, energía, empleo, infraestructura, telecomunicaciones y sistema tributario. Durante el 2012 los ingresos con respecto del petróleo eran del 38% del total de los ingresos públicos, y aumentó 1% para el 2013; en estos años los precios del petróleo aumentaron. Para el 2014 el sector petrolero comenzó a tener problemas por el excedente en la producción de barriles por parte de la Organización de Países Exportadores de Petróleo y por el aumento de oferta del petróleo de EE.UU. “Esta industria también se ve dañada por la fortaleza del tipo de cambio, pues el petróleo se comercia en dólares por lo que un aumento del tipo de cambio hunde a los denominados petroprecios” (Martha Navidad Courcelle, 2016, p.6). En febrero de ese año el dólar alcanzó los \$19.00.

En el 2014 hubo un total de once reformas promulgadas entre las que destaca la reforma hacendaria cuyo objetivo fue fortalecer la capacidad financiera del país y fortalecer a PEMEX. Se gravaron los alimentos chatarra, comida para mascotas y el IVA aumentó en la zona fronteriza, de igual manera el ISR presentó un aumento. El ISR generó el 52.9% de los ingresos tributarios para el 2015, mientras que el IVA sólo el 29%. De 2013 a 2016 hubo una caída de más del 87% de la recaudación por el petróleo.

¹ Aspectos Relevantes de la Reforma Hacendaria 2008.

http://www.sat.gob.mx/fichas_tematicas/reforma_fiscal/Paginas/aspectos_2008.aspx

2.2 La política monetaria

El objetivo del Banco de México es la estabilidad del poder adquisitivo de la moneda nacional, para ello cuenta con instrumentos de política monetaria cuando algún factor, ya sea interno o externo, atente contra la obligación del Banco Central de abatir la inflación.

A principio de los 90s, la política monetaria estuvo sometida al régimen cambiario, después de la crisis de 1994 dicha política se basó en la delimitación de crédito interno neto y revisión constante de agregados monetarios para restablecer los mercados financieros y la estabilidad macroeconómica. Una vez que se restablecieron los mercados se fijó como objetivo la inflación anual y actualmente las decisiones de política monetaria se basan en la constante evaluación de todas las fuentes de presiones inflacionarias.

De 1988 a 1994 se puso en marcha el Plan Nacional de Desarrollo con el fin de estimular el crecimiento económico y la estabilidad de precios, la estrategia usada para combatir la inflación se sustentó en tres puntos importantes. El primero se enfocó en el saneamiento de las finanzas públicas que consistía en restablecer las presiones inflacionarias que se generaron por el déficit fiscal; el segundo se centró en las presiones inflacionarias pero de origen salarial, se firmó el Pacto para la Estabilidad y el Crecimiento Económico (PECE) que tenía como objetivo incrementar entre 6% y 8% el salario entre otras cosas; el tercer punto consistió en usar como herramienta principal para abatir la inflación a la política cambiaria.

En 1991, durante la política cambiaria, México tuvo dos tipos de cambio; uno era el libre el cual representó una transición hacia la delimitación del tipo de cambio por la oferta y la demanda; el segundo gobernó la importación de materias primas y bienes de capital y pago del servicio de la deuda. En este periodo el punto principal era el

problema de tipo de cambio, en noviembre de este año se introducen mini-deslizamientos preestablecidos del tipo de cambio dentro de las bandas de flotación. Mientras que en el límite superior de las bandas de flotación se ajustaba diariamente, el límite inferior se mantenía fijo. Este mecanismo de ajuste contribuiría a una sobrevaluación del peso y el abaratamiento de las importaciones y el encarecimiento de las exportaciones. Esto resultó favorable pues el déficit público que se tuvo en 1988 (12.5% del PIB) se convirtió en un superávit para 1992. Este superávit permitió al Banco Central tener un coeficiente de liquidez del 30%.

En 1993 se modificaron los artículos 28, 73 y 123 de la carta magna con el objetivo de dar autonomía al Banco de México y atribuirle el objetivo de procurar la estabilidad del poder adquisitivo de la moneda nacional y eliminando el objetivo de lograr crecimiento económico. También en este año firma México el Tratado de Libre Comercio con América del Norte (TLCAN) y se adhiere al consenso de los países miembros de combatir la inflación. A pesar de ello, la política monetaria no puede ejercer poder directo sobre la inflación, las decisiones de política monetaria pretenden influir en las tasas de interés y el tipo de cambio; y esto a su vez influye en la demanda agregada y de esta manera se puede determinar el comportamiento futuro de la inflación. Por tanto, la efectividad de las acciones de la política monetaria se verán reflejadas en bajas tasas de inflación.

Para 1994 se presentó un déficit en la balanza comercial debido a la conjugación de la apertura comercial y la sobrevaluación del peso. El nuevo gobierno aplicó una devaluación “controlada” en el objetivo de liberar el tipo de cambio implantado por las bandas de flotación, pero esto generó pánico provocando una fuga masiva de capitales.

Esta crisis hizo que se generara una nueva estrategia de política monetaria donde existiera confianza de los agentes económicos en las autoridades monetarias. Con esta nueva estrategia se tenía a la demanda agregada como instrumento antiinflacionario. En esta época, las autoridades se dan cuenta de la existencia del *trade-off* entre inflación y empleo, con lo cual se reconoce la necesidad de controlar la inflación para poder generar crecimiento económico. Por tanto, la política monetaria para 1995 se estableció en la credibilidad del Banco Central para mantener el valor de la moneda como único objetivo y posteriormente se crearon metas de inflación en el mediano plazo; además el tipo de cambio y las tasas de interés se ajustaron por el mercado con intervenciones

monetarias y cambiarias del Banco de México. En este año también se fijaron objetivos cuantitativos para la inflación limitándose la base monetaria, pero esto no bastó para controlarla por lo que en 1998 Banxico comenzó a manejar el saldo de cuenta corriente de los bancos a través del régimen de saldos acumulados. En 1997 Banxico se enfocó en metas de inflación a mediano plazo pues le era difícil controlar la inflación mediante el manejo de la base monetaria.

En el plano de política cambiaria la Comisión de Cambios entre 1996 y 2001 compró dólares mediante opciones (con la finalidad de acelerar la acumulación de reservas internacionales) y los vendió mediante subastas (con la finalidad de limitar la volatilidad del valor del peso).

En 1998 factores externos como la moratoria rusa, los problemas cambiarios en Brasil y la caída de los precios del petróleo, ocasionaron una depreciación del tipo de cambio nacional y las expectativas inflacionarias. Por tanto “Banxico restringió su postura monetaria pasando de un objetivo de saldos acumulados de 0 a -20 millones de pesos” (Alejandro Díaz de León y Laura Greenham, 2000, p.11). Con esta política restrictiva el Banco Central trató de incrementar las tasas de interés (lo cual se reflejó en las tasas de interés de los títulos gubernamentales, CETES). Posteriormente, a mitad del mismo año los factores externos empeoraban y se seguía presionando al mercado cambiario y a las expectativas de inflación. Posteriormente, Banxico volvió a ampliar el corto de -20 a -30 millones de pesos, para luego pasar de -30 a -50 y a finales de agosto pasó de -50 a -70. El impacto del “corto” en las tasas de interés está influenciado por la posición de liquidez que mantenga el Banco de México respecto a la banca en el mercado de dinero. Cuando el Instituto Central mantiene una posición líquida frente al mercado de dinero, se convierte en el proveedor marginal de recursos a través de sus operaciones de mercado abierto. (Alejandro Díaz de León y Laura Greenham, 2000, p.11)

Para 1999 se estableció el objetivo de alcanzar una inflación del 3% anual para el año 2003 (el objetivo era tener una tasa como la de Estados Unidos y Canadá). En el 2000 se fijó una tasa del 6.5% anual y del 4.5% para el 2002. Oficialmente, en el 2001, se adopta un nuevo Programa Monetario, el cual era un sistema de metas de inflación que impone el objetivo de inflación del $3\% \pm 1$, y la fecha determinada

para alcanzar dichos objetivos. Estas acciones se dirigían a controlar las expectativas de inflación. De esta manera, Banxico fue adoptando medidas preventivas que le han permitido anticipar y contrarrestar presiones inflacionarias.

En el 2003, el objetivo de la tasa de interés interbancaria a un día “tasa de fondeo interbancario” reemplazó al régimen de saldos y el régimen de saldos diarios reemplazó a los saldos acumulados. Los anuncios de política monetaria a partir de abril de 2004 establecieron tasas de interés mínimas, por lo que el mercado operó “de facto” siguiendo una tasa señalada por el Banco de México (Banco de México, 2007, p.3). En el 2008 Banxico con el objetivo de cumplir con la meta de tasa de fondeo comerció títulos de deuda a corto y largo plazos.

En el 2004 Banxico considera la posibilidad de transitar hacia una tasa de interés de referencia, así para el 2005 estableció la tasa de fondeo bancario a un nivel del 9.75% y para abril de 2006 alcanzaría un nivel del 7%.

Banxico en el 2005 mantuvo una política de reducción en las condiciones monetarias a través de las tasas de interés de corto plazo, lo cual permitió que se registrara un periodo con una tasa de interés baja de 9.81% en los CETES a 28 días entre mayo 2005 y enero 2006.

Para el 2008, la tasa de interés tuvo tendencia a la baja y hubo depreciación pero no se desató un proceso inflacionario. Debido a la caída del flujo de capital externo (remesas menores, menor volumen de inversión y menores exportaciones) se presentó una devaluación este año. En consecuencia, la actividad económica disminuyó presentándose una recesión sin crisis financiera. Esta recesión se centró en la disminución de empleo y salarios. Se volvió evidente que la función de reacción del banco central en la determinación de la tasa de interés está altamente relacionada con la evolución de las tasas de interés internacionales y las expectativas de la evolución del tipo de cambio nominal, esta última, en 2008, a la baja. (Noemi Levy Orlik, 2009, p.84)

Para junio del 2014 el Banco de México determinó bajar la tasa interbancaria de un día de 3.5% a 3%. Esto con el fin de reducir los costos de préstamos del banco central a los bancos comerciales, y bajar los costos de captación del gobierno.

2.3 Desempeño macroeconómico de la economía mexicana

2.3.1 Principales variables macroeconómicas: producción, empleo y precios

Para 1992, el crecimiento del PIB fue de 2.8% y para el siguiente año se desaceleró la actividad económica registrando un crecimiento del 0.4% debido a que el Tratado de Libre Comercio generó incertidumbre y en consecuencia se desalentó el gasto privado y afectó la rentabilidad de la inversión en casi todas las ramas de producción, también se presentó un encarecimiento del crédito y comenzó una contracción de los mercados. Para 1994, la economía presentó una recuperación registrando un crecimiento del 3.5% debido a que las exportaciones aumentaron en este año y a que hubo un aumento en el gasto referido a la construcción. Posteriormente, para 1995 nuevamente la actividad económica decreció pero ahora en un 6.9%, los flujos de capital del exterior disminuyeron propiciando una caída en la demanda agregada, además de que muchas empresas y familias tenían grandes deudas. Posteriormente, para 1996 el PIB volvió a crecer en 5.1%. Esto se debió al aumento en las exportaciones y la reactivación de la inversión. Para el siguiente año siguió creciendo al 7%, lo cual se debió al nuevo clima de confianza que se estaba generando, luego las tasas de interés en conjunto con las expectativas de inflación bajas impulsaron la inversión privada.

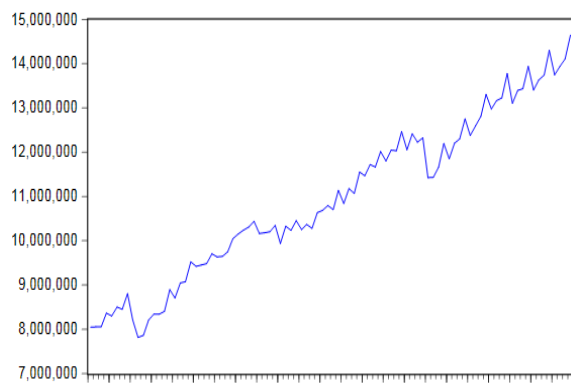
En 1998 a pesar de las perturbaciones del exterior que estuvieron afectando a algunos indicadores de la economía se presentó un crecimiento de 4.8%. Y para el siguiente año se siguió creciendo pero sólo en 3%. El incremento del PIB para el año 2000 fue del 6.9%, esto se le atribuyó al hecho de que el Gobierno Federal propició condiciones de estabilidad en los mercados financieros y esto dio confianza a los inversionistas. Para el 2001 la situación económica mundial se vio afectada por las repercusiones

económicas que generaron los atentados terroristas del 11 de septiembre en EE.UU. En México se vieron afectados principalmente sectores como exportación, transporte aéreo y turismo. El PIB registró una caída de 0.3%, esto se debió exclusivamente a la caída en el sector industrial, y se vio reflejado en el 2002 como un crecimiento del PIB de tan sólo 0.9% .

En el 2003 la guerra en Irak generó incertidumbre, los inversionistas y consumidores perdieron la confianza pues se desconocía la duración, los costos y las consecuencias del conflicto, propiciando caídas en índices bursátiles y de esta manera el PIB registró un ligero crecimiento de tan sólo 1.3%. Para el siguiente año se llevó a cabo un proceso de recuperación global donde México se fortaleció creciendo 4.4%. En el 2005 la actividad económica mundial tuvo un crecimiento favorable, sobre todo las economías asiáticas, lo que favoreció a México creándole un superávit de la balanza comercial de productos petroleros significando un crecimiento del 3%.

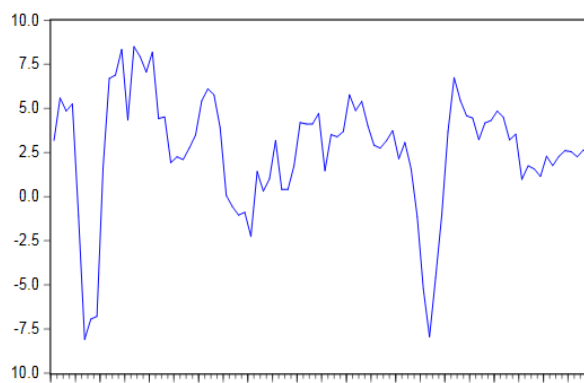
La economía siguió avanzando favorablemente los siguientes dos años. A finales del 2007 el mercado en EE.UU presentó problemas al aumentar el índice de morosidad de su cartera hipotecaria, lo que generó una crisis en el mercado de ese país. Esto afectó a la economía global en 2008, lo cual, a su vez, impactó la actividad económica en México. El PIB tuvo una caída específicamente en los bienes comerciables y México creció sólo 1.3%. Fue hasta el segundo trimestre de 2009 cuando la economía mundial comenzó a recuperarse, pero la actividad económica en México tuvo una reducción de la demanda de exportaciones manufactureras y otros factores internos como el brote de influenza AH1N1 y el cierre de dos plantas automotrices representó una caída del PIB del 6.5%. La recuperación mundial comienza hasta el 2010 lo que para México representó un crecimiento del 5.5% del PIB. Los siguientes años la economía siguió creciendo aunque en menor ritmo por la volatilidad de los mercados financieros. Para los siguientes años y hasta el 2015 la economía fue creciendo moderadamente.

Gráfica.1 Evolución del PIB en México



Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI.

Grafica.2 Tasa de crecimiento del PIB en México



Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI.

En 1991 el buen comportamiento de la actividad económica fue favorable para el empleo pues tuvo un aumento del 6.3%. Para el siguiente año la desaceleración del sector manufacturero y la competencia externa afectaron el empleo en el sector haciendo que disminuyera el empleo. La tasa de desempleo de este año se posicionó en 2.7%. Para el siguiente año además del sector manufacturero se presentaron problemas en el sector agropecuario, la industria extractiva, el transporte y las telecomunicaciones, lo cual aumentó el desempleo y la tasa fue de 3.4%.

En 1994 a pesar de las acciones que hizo la política fiscal para mejorar la situación económica, el indicador de la productividad media del trabajo aumentó pero la creación de empleos fue insuficiente; el desempleo no disminuyó y se ubicó en un 3.7%. Para 1995 en el primer trimestre aumentó la producción, esto permitió aumentar el empleo, pero no duró todo el año. Para los siguientes trimestres aumentó el nivel de desempleo. La tasa de desempleo de este año fue de 6.9%, pero en agosto de ese año alcanzó el nivel más alto de 7.6% y para octubre de ese año la disminución del empleo comenzó a revertirse y para diciembre de 1996 se posicionó en 4.1%, lo que significó que además de recuperar los empleos perdidos se crearon nuevos empleos; esta situación se mantuvo en 1997.

En 1998 a pesar de que en el exterior los mercados eran inestables y que crearon una desaceleración de la producción y de la demanda, se siguieron generando nuevos empleos. El mercado laboral evolucionaba positivamente, la industria maquiladora se

expandió, y hubo aumentos salariales en los sectores manufactureros, comercio y construcción. 1999 fue un año favorable para la economía en materia de empleo ya que se presentó un aumento de empleos en la mayoría de los sectores, se crearon 701 mil empleos formales y esto hizo que la tasa de desempleo fuera la más baja en niveles históricos hasta el momento pues para el 2000 se crearon nuevamente 525 mil nuevos empleos formales lo que contribuyó al descenso de la tasa de desempleo dando lugar a la más baja históricamente con un nivel de 1.9% (se puede ver claramente en la gráfica 3 de desempleo). Asimismo se incrementó la demanda de trabajo en casi todos los sectores, hubo aumentos nominales de los salarios y mejoría de las remuneraciones reales por trabajador.

En el 2001 la desaceleración global hizo que el empleo se contrajera, hubo una pérdida de empleos formales en la mayoría de los sectores pero principalmente en el sector manufacturero y los relacionados con la exportación, pasando la tasa de desempleo del 1.9% del año anterior al 2.46%. Para el siguiente año se presentó una caída en muchos sectores de la economía, por lo tanto la creación de nuevos empleos fue prácticamente nula y para el siguiente año la situación empeoró lejos de no crear nuevos empleos se disminuyeron los empleos formales que se tradujeron a una tasa de desempleo del 3.4%.

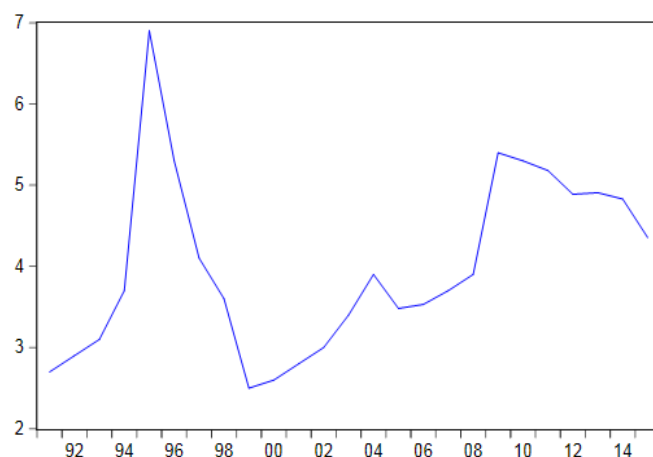
Para el 2004 con las intervenciones de política monetaria hubo un avance en la economía por lo que se acrecentó el empleo formal a lo largo del año aunque tuvo una disminución al final del año con una tasa en 4.9%. En el 2006 la actividad económica se encontraba en expansión, lo que contribuyó a la demanda de trabajo, pero la tasa de desempleo se mantuvo prácticamente en el mismo nivel que en el 2005, luego el empleo informal continuó creciendo. En el 2007 el mercado laboral se debilitó creando menos empleos que en el año anterior, pero aun así la tasa de desempleo no aumentó y se volvió a mantener durante este año.

En el 2008 debido a la crisis financiera que se estaba presentando con una desaceleración de creación de empleos, el sector formal presentó pérdidas de empleo y la tasa de desempleo fue superior a la del año previo alcanzando un nivel del 3.97%. El año siguiente como consecuencia de la crisis se seguían perdiendo empleos por lo que el gobierno federal puso en marcha algunos programas para tomar medidas al asunto de

empleo como el Programa para Impulsar el Crecimiento y el Empleo (PICE) y, posteriormente, en el Acuerdo Nacional en Favor de la Economía Familiar y el Empleo (ANEFE), además de aumentar el gasto público. Al siguiente año la economía se encontraba en proceso de reactivación de la crisis del 2008. En materia de empleo se generaron empleos formales pero en una proporción débil dejando la tasa de desempleo en 5.3% apenas por debajo de la del 2009.

En los últimos años la economía se ha ido recuperando de manera muy lenta de la crisis del 2008. Se han generado empleos pero no en grandes cantidades por lo que la tasa de desempleo disminuye a niveles bajos manteniendo las tasas de desempleo entre 4.3 y 4.6%.

Gráfica 3. Evolución de la tasa de desempleo en México



Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI.

En 1991 se trató de controlar la inflación, en diciembre de este año el Índice Nacional de Precio al Consumidor disminuyó con respecto del año pasado, ello se debió al saneamiento de las finanzas públicas y esto se reflejó en los bajos niveles de inflación. Para el siguiente año se alcanzó un INPC aún más bajo gracias al superávit en las finanzas públicas y la evolución del tipo de cambio.

En 1991, los precios de los bienes básicos se elevaron 7.5% mientras que los no básicos aumentaron 5.1%. En 1994 la inflación alcanzó el nivel más bajo en los últimos 20 años. La baja inflación se debió a la apertura comercial y a la reducción de comercialización de las mercancías importadas. En este año los subíndices que más se incrementaron fueron los de salud 9.8% y educación 8.6%.

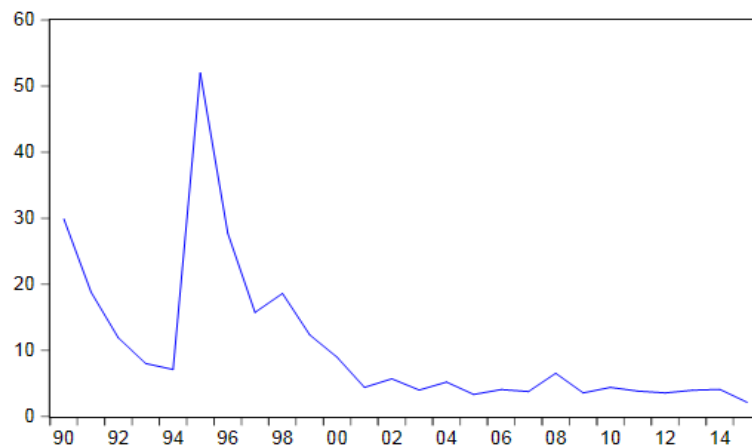
En 1995 debido a la crisis, los movimientos cambiarios afectaron a los precios de las mercancías superando las expectativas y la depreciación del peso mexicano. Gracias a la política monetaria se amortiguaba el impacto de la situación económica y después de un año la inflación disminuyó a 27.7%. Debido al alto nivel de la inflación de 1995 se aplicó un programa de estabilización de efectivo que permitió en 1996 iniciar un proceso de desinflación que duró hasta finales de 1997, pero los resultados de este programa se hicieron notar a principios de 1998, a pesar de ello la inflación se posicionó en 19.41%.

En 1999 la economía se mantuvo estable. En casi todos los sectores se registraron mejorías y la inflación fue de 12.32%. En el año siguiente, la variación del INPC se encontraba cerca del valor objetivo que se había planeado en 1998, la inflación tuvo un nivel inferior al que se esperaba. A principios del 2000, la situación externa al país no era muy favorable, EE.UU se encontraba en un proceso de desaceleración y los precios del petróleo en mercados internacionales eran muy bajos. La inflación fue de 6.57%.

La evolución de la economía mexicana se mantuvo constante en 2000-2006. En el 2007 los precios de los energéticos aumentaban, el déficit de cuenta corriente se contrajo debido a la desaceleración que estaba viviendo EE.UU, la inflación fue del 7.8% (demasiada alta comprada con los últimos años). La situación empeoró para el siguiente año, la inflación aumentó y los problemas que enfrentaba la economía afectaron la oferta de bienes y servicios en el país, por lo cual el gobierno mexicano tomó medidas para controlar la inflación y los resultados fueron notorios para el 2009, la inflación comenzó a descender, pero la depreciación cambiaria no había sido controlada. Esto repercutió en la inflación

para el 2010, la cual se situó en 5.04%. Desde entonces el INPC ha evolucionado favorablemente su valor siendo cada vez menor.

Gráfica 4. Evolución de la tasa de crecimiento del INPC



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI.

2.4 Factores de riesgo

2.4.1 Riesgo cambiario

“Existen diferentes maneras de definir riesgo cambiario y tres de ellas son: 1) el potencial de enfrentar pérdidas en una inversión en dólares; 2) la posibilidad de que el tipo de cambio no genere los flujos esperados; y 3) la inseguridad de obtener un rendimiento específico en dólares. En cualquier caso, el riesgo cambiario se puede definir como la posibilidad que existe de que los flujos esperados en dólares no se presenten en los montos y tiempos esperados debido a movimientos adversos en el tipo de cambio o en las tasas de interés tanto locales como externas. Estos movimientos dependen de la evolución de las políticas monetaria y fiscal y de las expectativas de los participantes, así como del entorno internacional”. (González, Díaz y Venegas-Martínez, 2000, p.6)

México a principios de la década de los 90s tuvo una apertura comercial intensa y gran movilidad de capital. La deuda externa e interna aumentaron y por ello el gobierno federal puso en marcha el plan de estabilización de precios.

La crisis de 1994 tuvo como consecuencia el abandono del régimen de bandas cambiarias en México y la adopción del régimen de libre flotación de la moneda con lo que se pretendía reducir el riesgo cambiario. El tipo de cambio dejó de funcionar como ancla nominal de la economía y ahora era la política monetaria quien cumplía esa función.

En 1994 ocurrieron situaciones que provocaron riesgo e incertidumbre en México. El mercado cambiario estuvo con fuertes presiones, las tasas de interés de EE.UU se elevaron, situaciones como el Ejército Zapatista, asesinato de un candidato presidencial y de un secretario general del Comité Ejecutivo Nacional de un partido político, los especialistas pronosticaron la devaluación del peso, la reducción de tasas de crecimiento de las exportaciones, la disminución de la reserva internacional del Banco de México y la crisis bancaria en 1994 provocaron inestabilidad y especulaciones del mercado.

El tipo de cambio del dólar en términos de la moneda nacional mexicana desde 1998 hasta 2008 se mantuvo entre los 9 y 12 pesos por dólar. La inestabilidad cambiaria hizo que en los últimos 8 años el valor del dólar fluctúe desde los 12 hasta los 16 en el 2015.

La devaluación del peso en 1995 llevó al tipo de cambio real a un nivel máximo de subvaluación de los últimos años, esto significa que el poder de compra que tienen los extranjeros era mayor. Esto aumentó las exportaciones nacionales.

La política cambiaria que tiene el país es de tipo de cambio flexible. En este sistema el mercado, la oferta y la demanda de dólares fija su nivel de precio, a su vez esto protege las reservas internacionales, las cuales para el 2000 comienzan a crecer. La estabilidad que se adquiere con este régimen en el tipo de cambio genera confianza de

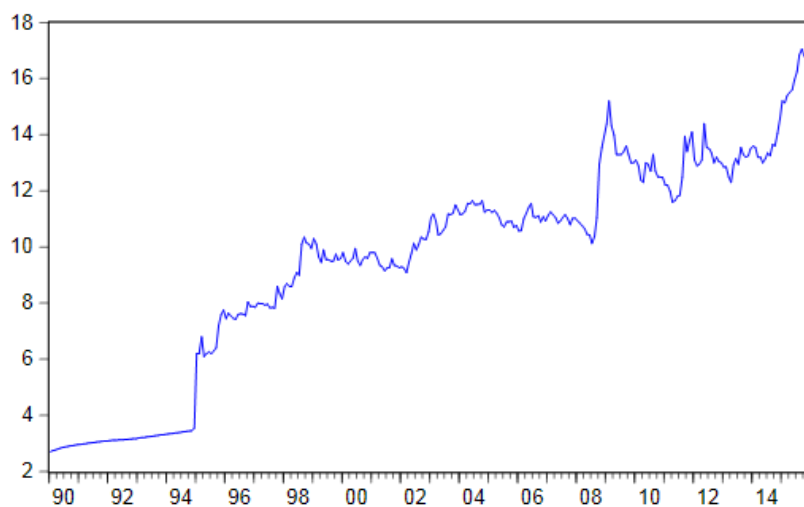
los agentes económicos nacionales e internacionales sobre la economía nacional, sin embargo, puede tener debilidades como las especulaciones, es decir, que se hagan movimientos de capitales que modifiquen las expectativas que los inversionistas tienen de la economía.

Antes de la crisis mundial de 2008-2009 en México el peso estaba sobre-valuado alrededor del 18%, pero la economía de EE.UU tuvo una caída brusca, lo cual hizo que en nuestro país cayeran las remesas y el tipo de cambio bajara la producción en la industria automotriz. También el petróleo se cotizó a muy bajo precio y se generó un aumento en el desempleo, a su vez esto disminuyó el turismo internacional y creó desconfianza en los inversionistas extranjeros.

En el 2009 se suscitó una sub-valoración del peso de 14% aproximadamente, sin embargo con las intervenciones de la política económica a finales del 2009 el tipo de cambio se recuperó un poco.

Actualmente hay severos problemas que crean riesgo e incertidumbre en la economía. La deuda externa se ha incrementado y ha sido imposible reducirla en el corto plazo. Ha habido una sub-valoración drástica del peso respecto al dólar. Las exportaciones petroleras se han reducido en grandes cantidades. La inflación ha estado aumentando teniendo repercusiones en los precios. Se ha tenido que elevar las tasas de interés para respaldar al peso.

Gráfica 5. Evolución del Tipo de Cambio
Peso-Dólar



Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI.

2.4.2 Riesgo de tasa de interés

El riesgo de tasa de interés se deriva de la volatilidad de las tasas de interés de los activos y pasivos que cualquier agente económico tenga. Esta volatilidad que genera el riesgo se puede deber a: déficit público, una política monetaria de control de la cantidad de dinero, eventos internos, el tipo de cambio, tasa de inflación y la tasa de interés externa.

En 1990 la confianza que había en el manejo de la economía por parte del gobierno y la disponibilidad de recursos crediticios internos y externos hizo que las tasas de interés fueran bajas y decrecientes. Esto generó la posibilidad de inversiones, por lo que en ese año aumentó el porcentaje de empresas en el sector manufacturero. Al cierre de 1991, el rendimiento nominal anual de los CETES a 28 días se ubicó en 16.7%. Al siguiente año el rendimiento de los CETES disminuyó ello se debió a que los inversionistas tenían preferencia hacia los BONDES estos aumentaron su tasa de rendimiento.

Para 1994 las tasa de interés externas comenzaron a subir, los inversionistas no estaban seguros de invertir, luego las tasas de interés en el país aumentaron de nuevo. La elevación de las tasas de interés provocó una contracción en el crédito bancario.

El 7 de noviembre de 1995 se autorizó un mercado extrabursátil de futuros² sobre tasa de interés nominales y sobre el nivel del IPC, este tenía como objetivo que

²“En las operaciones de futuros sobre tasas de interés nominales, las partes acuerdan el nivel que tendrá la tasa de interés interbancaria a plazo de 28 días en una fecha futura. Llegada dicha fecha, las partes comparan la tasa acordada con la tasa de interés interbancaria a plazo de 28 días vigente en esa fecha. En el evento que la tasa de interés observada sea mayor a la tasa acordada, el comprador tiene la obligación de pagar al vendedor, una cantidad en moneda nacional equivalente al resultado de multiplicar el monto cubierto, por la diferencia entre dichas tasas. Si la tasa de interés observada es menor a la tasa acordada, la obligación de pago será para el vendedor” (Banco de México. (1995). *Informe Anual 1994*. [online] Available at: <http://www.banxico.org.mx/publicaciones-y-discursos/publicaciones/informes-periodicos/anual/%7BF1A00075-21D4-5DCF-D124-09CB6EF16235%7D.pdf>).

los agentes económicos tuvieran mecanismos para poder cubrirse del riesgo de la tasa de interés.

Entre 1989 y 1994 las empresas en México y las familias mexicanas aumentaron sus niveles de deuda, incluso las empresas tenían deuda en el exterior. Para 1994 y 1995 estas empresas estaban en una situación de riesgo. Las tasas de interés estaban en aumento y fluctuaciones en la actividad económica, en ese momento todo se resumía en incertidumbre.

En 1996 la estabilización de los mercados se tradujo en una reducción de la inflación, lo que indujo a bajas tasas de interés, aunque en el corto plazo las tasas seguían variando drásticamente, pero al final de año la tasa interbancaria a 28 días descendió a 27.6%. Las tasas de interés reales se movieron en la misma dirección.

Para abril de 1997 se modificaron las disposiciones de los mercados de derivados con el objetivo de que las instituciones contaran con alternativas que les permitiera cubrir sus riesgos de tasa de interés de manera eficiente. “Se les permitió a las instituciones de crédito operar con opciones de divisas en mercados reconocidos por el Banco de México, con opciones de divisas contra divisas realizadas fuera de mercados reconocidos; con opciones referidas al Índice de Precios y Cotizaciones de la Bolsa Mexicana de Valores, S.A. de C.V., y futuros y opciones sobre Certificados de la Tesorería de la Federación a 91 días y opciones y futuros referidos a la tasa de interés interbancaria de equilibrio de operaciones denominadas en moneda nacional a 28 días, en mercados reconocidos por el Banco de México.”³

No obstante, en 1999 las economías emergentes continuaron mostrando niveles de riesgo elevados debido a la incertidumbre de las tasas de interés en los EE.UU ante un posible resurgimiento de la inflación. La política fiscal medió para disminuir las tasas de interés y dar estabilidad a la economía.

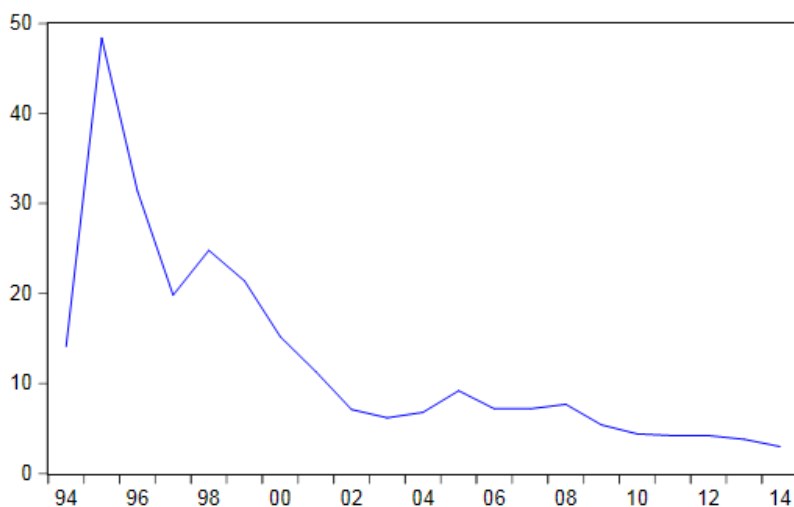
³Banco de México , (2016). *Informe anual 1997*. Retrieved 19 November 2016, from <http://www.banxico.org.mx/publicaciones-y-discursos/publicaciones/informes-periodicos/anual/%7BA1ABE8D8-DA01-F1F2-6155-5844CE195311%7D.pdf>

A final del 2000 se materializaron los riesgos, los cuales el Banco de México ya había advertido. La economía de EE.UU estaba en desaceleración y el precio del petróleo de exportación se redujo. Esos sucesos crearon incertidumbre a los inversionista, provocando altas tasas de interés.

Ante la intensificación de la crisis financiera internacional a partir de mediados de septiembre de 2008, y la propagación de sus efectos hacia las economías emergentes, el Banco de México, en coordinación con la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, instrumentó diversas acciones orientadas a preservar el buen funcionamiento de los mercados financieros internos. Por un lado, la Comisión de Cambios decidió proveer al mercado cambiario de liquidez en dólares a través de diferentes mecanismos. Por otro lado, en lo que se refiere a la liquidez en moneda doméstica, se establecieron facilidades preventivas para su provisión temporal a los bancos y se adoptaron otras medidas orientadas a apoyar la liquidez en los mercados internos de deuda. Entre éstas destacan: la modificación de los programas de colocaciones primarias de valores del Gobierno Federal, incrementando la importancia relativa de las colocaciones de corto plazo; programas de recompra de valores de Bonos M y Udibonos; y, subastas de intercambio de flujos resultado de tasas de interés fijas de largo plazo por tasas revisables de corto plazo (swap de tasas de interés).

En los últimos años la tasa de interés ha ido disminuyendo como se puede ver en la gráfica 6, hasta llegar a un valor del 3%.

Gráfica 6. Evolución de la tasa de interés



Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI.

3. MODELO ESTOCÁSTICO DE UNA ECONOMÍA PEQUEÑA Y ABIERTA BAJO RIESGO E INCERTIDUMBRE

La política económica combina instrumentos de política fiscal y monetaria para estabilizar una economía donde existe incertidumbre interna y externa, la eficiencia de estos instrumentos depende de las relaciones con el exterior por medio del tipo de cambio, flujo de capitales y tasas de interés.

Retomando el trabajo de Venegas-Martínez (2008) se consideran tres sectores: consumidores, empresas y gobierno en una economía abierta. Tomando en cuenta la presencia de agentes representativos (consumidores maximadores de utilidad y empresas maximadoras de beneficios), todos los procesos estocásticos que modelan riesgos a los que se exponen los agentes son generados por movimientos brownianos y las medias y varianzas de los procesos estocásticos en cuestión están relacionadas.

3.1 Herramientas del cálculo estocástico

Existe evidencia que muestra que las series de activos financieros presentan saltos inesperados y no precisamente siguen una caminata aleatoria, y no es posible realizar una cobertura exacta de dichos saltos inesperados, para ello planteamos:

Considere un proceso estocástico dN_t que satisface:

$$dN_t = \begin{cases} 1 & \text{con probabilidad } \lambda dt + o(dt) \\ 0 & \text{con probabilidad } 1 - \lambda dt + o(dt) \end{cases}$$

donde:

$$\frac{o(dt)}{dt} \rightarrow 0 \quad \text{cuando } dt \rightarrow 0$$

Es decir:

$$\begin{aligned} \mathbb{P}\{\text{un salto de tamaño } 1\} &= \mathbb{P}\{dN_t = 1\} = \lambda dt + o(dt) \\ \mathbb{P}\{\text{ningún salto durante } dt\} &= \mathbb{P}\{dN_t = 0\} = 1 - \lambda dt + o(dt) \end{aligned}$$

Lo anterior quiere decir que ocurre un salto en un tiempo finito con una probabilidad finita y tiene como propiedades que $E[dN_t] = \lambda dt$ y $Var[dN_t] = \lambda dt$. Donde el parámetro λ representa la intensidad del proceso de Poisson. También cumple que:

$$\begin{aligned}
 E \left[\int_0^t g(s) dN_s \right] &= \int_0^t E[g(s) dN_s] \\
 &= \int_0^t E[E[g(s) dN_s | N_s]] \\
 &= \int_0^t E[g(s) E[dN_s | N_s]] \\
 &= \int_0^t E[g(s) \lambda ds] \\
 &= \int_0^t g(s) \lambda ds \\
 &= \lambda \int_0^t g(s) ds
 \end{aligned}$$

Y para la varianza tenemos

$$\begin{aligned}
 Var \left[\int_0^t g(s) dN_s \right] &= \int_0^t Var[g(s) dN_s] \\
 &= \int_0^t Var[E[g(s) dN_s | N_s]] + \int_0^t E[Var[g(s) dN_s | N_s]] \\
 &= \int_0^t Var[g(s) \lambda ds] + \int_0^t E[Var[g(s) dN_s | N_s]] \\
 &= 0 + \int_0^t E[g^2(s) Var[dN_s | N_s]] ds \\
 &= \int_0^t g^2(s) \lambda ds \\
 &= \lambda \int_0^t g^2(s) ds
 \end{aligned}$$

Sea $\{W_t\}_{t \geq 0}$ un movimiento browniano sobre un espacio de probabilidad $(\Omega, \mathcal{F}, \mathbb{P})$. El proceso de Poisson N_t , se incorpora en la ecuación de difusión de una variable subyacente, S_t , de la siguiente forma:

$$dS_t = \mu S_t dt + \sigma S_t dW_t + v S_t dN_t$$

donde:

μ : es la media esperada de los rendimientos,

σ : es la volatilidad esperada de los rendimientos.

Es importante aclarar que los procesos dW_t y dN_t no están correlacionados entre sí.

Para resolver problemas estocásticos de este tipo (con un proceso de Wiener y uno de Poisson) se utiliza la ecuación de Hamilton-Jacobi-Bellman de la programación dinámica continua. Retomando a Venegas-Martínez (2008)

Considere un problema de optimización de la siguiente forma:

$$\text{Maximizar } E \left\{ \int_0^{\infty} F(t, u_t) dt \mid F_t \right\}$$

sujeto a

$$dx_t = \mu(x_t, u_t) dt + \sigma(x_t) dW_t$$

donde:

W_t : es un movimiento Browniano

u_t : variable de control

x_t : variable de estado

Las funciones $\mu(x_t, u_t)$ y $\sigma(x_t)$ se suponen conocidas y con segundas derivadas parciales continuas. Ahora se define:

$$J(x_t, t) = \max_{u|_{[t, \infty)}} E \left\{ \int_t^{\infty} F(s, u_s) ds \mid F_t \right\}$$

Esta expresión nos lleva a una relación de recursividad temporal sobre J .

$$\begin{aligned}
J(x_t, t) &= \max_{u|_{[t, \infty)}} E \left\{ \int_t^{\infty} F(s, u_s) ds | \mathcal{F}_t \right\} \\
&= \max_{u|_{[t, \infty)}} E \left\{ \int_t^{t+dt} F(s, u_s) ds + \int_{t+dt}^{\infty} F(s, u_s) ds | \mathcal{F}_t \right\} \\
&= \max_{u|_{[t, \infty)}} E \left\{ \int_t^{t+dt} F(s, u_s) ds + J(x_t + dx_t, t + dt) | \mathcal{F}_t \right\}
\end{aligned}$$

Aplicando el teorema del valor medio para integrales en el primer término y con la serie de Taylor obtenemos:

$$J(x_t, t) = \max_{u|_{[t, t+dt)}} E \{ F(t, u_t) dt + o(dt) + J(x_t, t) + dJ(x_t, t) + o(dt) | \mathcal{F}_t \}$$

Es decir:

$$0 = \max_{u|_{[t, t+dt)}} E \{ F(t, u_t) dt + o(dt) + dJ(x_t, t) | \mathcal{F}_t \}$$

Aplicando lema de Itô y tomando valores esperados obtenemos:

$$0 = \max_{u|_{[t, t+dt)}} \left\{ F(t, u_t) + \frac{\partial J}{\partial t} + \frac{\partial J}{\partial x_t} \mu(x_t, u_t) + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 J}{\partial x_t^2} \sigma^2(x_t) \right\}$$

La ecuación anterior es conocida como la ecuación Hamilton-Jacobi-Bellman

Al encontrar procesos estocásticos adecuados que describen el comportamiento de distribuciones empíricas cuyos parámetros no son normales se puede aplicar el lema de Itô para procesos de difusión con saltos.

Dada una ecuación diferencial estocástica de la siguiente forma:

$$dS_t = S_t(\mu dt + \sigma dW_t + \nu dN_t)$$

Sea $c = c(S_t, t)$ una función dos veces diferenciable y con segundas derivadas parciales continuas, se define la diferencial estocástica de $c(S_t, t)$ como:

$$\begin{aligned} dc = & \left(\frac{\partial c}{\partial t} + \frac{\partial c}{\partial S_t} \mu S_t + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 c}{\partial S_t^2} \sigma^2 S_t^2 \right) dt + \frac{\partial c}{\partial S_t} \sigma S_t dW_t \\ & + [c(S_t(1 + \nu), t) - c(S_t, t)] dN_t \end{aligned}$$

En la presente investigación se considera una economía en la que un país no puede influir en los precios externos y que se mantendrá, por siempre, en esta condición; es decir, su comportamiento será permanentemente el de una economía tomadora de precios que consume sólo un bien. Su nivel general satisface:

$$\frac{dP_t}{P_t} = \pi_p dt + du_{p,t} + \nu_p dS_{p,t} \quad (1)$$

donde:

π_p : es el parámetro de tenencia que representa la tasa de inflación media esperada de que ningún salto ocurra

$du_{p,t}$: modela los pequeños movimientos que se observan diariamente mediante una variable aleatoria normal con media cero y varianza $\sigma_p^2 dt$

$dS_{p,t}$: modela los saltos bruscos que produce saltos bruscos que ocasionalmente se presentan y son caracterizados por una variable aleatoria Poisson con media y varianza $\lambda_p dt$ (Proceso de Poisson), donde ν_p representa el tamaño medio del salto esperado. La probabilidad de que un salto ocurra es proporcional a $\lambda_p dt$. En otras palabras:

$$\begin{cases} \Pr(dS_{p,t} = 1) = \lambda_p dt \\ \Pr(dS_{p,t} = 0) = 1 - \lambda_p dt + o(dt) \\ \Pr(dS_{p,t} \geq 1) = o(dt) \end{cases}$$

Como siempre, el significado de $o(dt)$ es que $o(dt)/dt \rightarrow 0$ cuando $dt \rightarrow 0$. Se supone que el movimiento Browniano y el proceso de Poisson son (estocásticamente) independientes entre sí. De la misma manera, el comportamiento de los precios externos (Q_t) y el tipo de cambio (E_t) son modelados por procesos de difusión con saltos:

$$\frac{dQ_t}{Q_t} = \pi_q dt + du_{q,t} + v_q dS_{q,t} \quad (2)$$

$$\frac{dE_t}{E_t} = e dt + du_{e,t} + v_e dS_{e,t} \quad (3)$$

donde $du_{i,t}$ son variables aleatorias normales con:

$$E(du_{i,t})^2 = \sigma_i^2 dt$$

y

$$E(dS_{i,t}) = \lambda_i dt$$

para $i = q, e$.

El precio P_t del bien en la economía satisface la condición de paridad de poder de compra (PPC)

$$P_t = Q_t E_t$$

Esto permite representar el proceso de precios domésticos en función del proceso de precios externos (exógeno), del tipo de cambio (endógeno) y de las covarianzas entre estos procesos. Mediante la aplicación del lema de Itô, obtenemos la ecuación diferencial estocástica del índice de precios domésticos, el cual satisface:

$$\frac{dP_t}{P_t} = \frac{d(Q_t E_t)}{(Q_t E_t)} = (\pi_q + e + \sigma_{qe}) dt + du_{q,t} + du_{e,t} + v_q dS_{q,t} + v_e dS_{e,t}$$

De esta manera, se tiene que:

$$\pi_p = \pi_q + e + \sigma_{qe}$$

$$du_{p,t} + du_{e,t}$$

$$v_p du_{p,t} = (v_q, v_e) \begin{pmatrix} dS_{q,t} \\ dS_{e,t} \end{pmatrix} = v_q dS_{q,t} + v_e dS_{e,t}$$

3.2 Un modelo estocástico del comportamiento del consumidor

Para desarrollar el modelo tomaremos en cuenta un consumidor representativo que tiene un horizonte de vida infinita y que maximiza su utilidad total descontada a una tasa intertemporal subjetiva δ . Dicho consumidor obtiene utilidad de su consumo y de la tenencia de saldos reales. El consumidor tiene como objetivo elegir el portafolio y la cantidad de consumo que maximicen su función de utilidad esperada dado que su satisfacción depende de su consumo y su tenencia de saldos monetarios reales $\frac{M}{P}$, es decir, que maximice:

$$V_0 = E_0 \left\{ \int_0^{\infty} \left[\theta \ln(c_t) + \gamma \ln\left(\frac{M_t}{P_t}\right) \right] e^{-\delta t} dt \mid F_0 \right\} \quad (4)$$

donde:

c_t : representa el consumo

M_t : es la cantidad de dinero nominal

θ, γ : son parametros que definen para el consumidor la importancia relativa entre el consumo y saldos reales

δ : es la tasa subjetiva de descuento (constante positiva)

E_0 : representa la esperanza matemática en el tiempo $t = 0$

F_0 : es la información de mercado disponible hasta el tiempo $t = 0$

El consumidor tiene acceso a dinero (nominal) domestico M_t , bonos nominales domésticos B_t , bonos nominales externos (en moneda extranjera, específicamente dólares) B_t^* y títulos de capital k_t , sujeto a la restricción presupuestal

$$a_t = \frac{M_t}{P_t} + \frac{B_t}{P_t} + \frac{E_t B_t^*}{P_t} + k_t \quad (5)$$

De esta manera, el cambio marginal de la riqueza a lo largo del tiempo satisface:

$$da_t = a_t (N_{m,t} dR_{m,t} + N_{b,t} dR_{b,t} + N_{b^*,t} dR_{b^*,t} + N_{k,t} dR_{k,t}) - c_1(1 + \tau_c)dt - d\tau_t \quad (6)$$

donde $N_{i,t}$ es la porción de la riqueza asignada en los diferentes activos, $i = m, b, b^*, k$, y que por lo tanto cumplen las condiciones:

$$N_{m,t} + N_{b,t} + N_{b^*,t} + N_{k,t} = 1 \quad (7)$$

Las cantidades $R_{i,t}$ representan los rendimientos de los activos, τ_t es un impuesto al consumo y τ_t es un impuesto a la riqueza. Se supone que τ_t tiene una ecuación de comportamiento dada por:

$$d\tau_t = a_t (\bar{\tau} dt + du_{\tau,t} + v_{\tau} dS_{\tau,t}) \quad (8)$$

El rendimiento estocástico por la tenencia de saldos reales al tiempo t , $dR_{m,t}$, es el cambio porcentual en el precio del dinero en términos de bienes. La aplicación del lema de Itô al cambio porcentual del inverso del nivel de precios permite obtener las tasas de rendimiento del dinero, los bonos del gobierno, bonos externos y títulos de capital:

$$dR_{m,t} = r_m dt - du_{p,t} + \left(\frac{1}{1 + v_p} - 1 \right) dS_{p,t} \quad (9)$$

donde

$$r_m = \pi_p + \sigma_p^2$$

De manera similar con el lema de Itô obtenemos $dR_{b,t}$

$$dR_{b,t} = r_b dt - du_{p,t} + \left(\frac{1}{1 + v_p} - 1 \right) dS_{p,t} \quad (10)$$

donde:

$$r_b = i(1 - \tau_i) - \pi_p + \sigma_p^2$$

$$dR_{b^*,t} = r_{b^*}dt - du_{q,t} + \left(\frac{1}{1 + v_q} - 1 \right) dS_{q,t} \quad (11)$$

y

$$r_b^* = i^*(1 - \tau_{i^*}) - \pi_q + \sigma_q^2$$

$$dR_{k,t} = r_k dt - du_{k,t} + v_k dS_{p,t} \quad (12)$$

y τ_i y τ_{i^*} representan respectivamente los impuestos sobre las tasas de interés (nominales) domésticas y externas. En las ecuaciones $dR_{m,t}$ y $dR_{b,t}$ el término de salto satisface formalmente:

$$\begin{aligned} \left(\frac{1}{1 + v_p} - 1 \right) dS_{p,t} &= \left(\frac{1}{1 + v_q} - 1, \frac{1}{1 + v_e} - 1 \right) \begin{pmatrix} dS_{q,t} \\ dS_{e,t} \end{pmatrix} \\ &= \left(\frac{1}{1 + v_q} - 1 \right) dS_{q,t} + \left(\frac{1}{1 + v_e} - 1 \right) dS_{e,t} \end{aligned}$$

Los parámetros de la ecuación de rendimientos sobre los activos de capital se determinaran, posteriormente, de manera endógena.

El problema del consumidor consiste en elegir C , $N_{m,t}$, $N_{b,t}$, $N_{b^*,t}$ y $N_{k,t}$ que maximicen:

$$\max_{C_t, N_{m,j}, N_{b,j}, N_{k,j}} E_0 \left\{ \int_0^\infty [\theta \log C_t + \gamma \log(N_{m,j} a_t)] e^{-\delta t} dt \middle| F_0 \right\}$$

sujeto a:

$$\begin{aligned} \frac{da_t}{a_t} &= \left[N_{m,t} r_m + N_{b,t} r_b + N_{b^*,t} dR_{b^*,t} + N_{k,t} r_k - \frac{C_t(1 + \tau_C)}{a_t} - \bar{\tau} \right] \\ &\quad + [N_{k,t} du_{k,t} - (N_{m,t} + N_{b,t} + N_{b^*,t}) du_{p,t} - du_{\tau,t}] \\ &\quad + \left[(N_{m,t} + N_{b,t} + N_{b^*,t}) \left(\frac{1}{1 + v_p} - 1 \right) dS_{p,t} + N_{k,t} v_k dS_{k,j} - v_t dS_{\tau,t} \right] \end{aligned}$$

y

$$1 - N_{m,t} - N_{b,t} - N_{b^*,t} - N_{k,t} = 0$$

El problema de maximización de utilidad esperada sujeta (6) y (7) es un problema de optimización intertemporal cuya técnica de solución es la programación dinámica estocástica en tiempo continuo (o control optimo estocástico en tiempo continuo). Utilizando la ecuación de Jacobi-Hamilton-Bellman tenemos que resolver:

$$\begin{aligned} \max_{C_t, N_{m,j}, N_{b,j}, N_{k,j}} H(C_t, N_{m,t}, N_{b,t}, N_{b^*,t}, N_{k,t}; a_t) \\ = \max_{C_t, N_{m,j}, N_{b,j}, N_{k,j}} \left\{ \theta \log C_t + \gamma \log(N_{m,t} a_t) - \delta V(a_t) \right. \\ + a_t V'(a_t) \left[N_{m,t} r_m + N_{b,t} r_b + N_{b^*,t} dR_{b^*,t} + N_{k,t} r_k - \frac{C_t(1 + \tau_c)}{a_t} - \bar{\tau} \right] \\ + \frac{1}{2} a_t^2 V''(a_t) \left[(N_{m,t} + N_{b,t} + N_{b^*,t})^2 \sigma_P^2 + N_{k,t}^2 \sigma_k^2 + \sigma_\tau^2 \right. \\ - 2(N_{m,t} + N_{b,t}) N_{k,t} \sigma_{P,k} + 2(N_{m,t} + N_{b,t} + N_{b^*,t}) \sigma_{P,t} - 2N_{k,t} \sigma_{k,t} \left. \right] \\ + \lambda_p \left[V \left(a_t \left(1 - (N_{m,t} + N_{b,t} + N_{b^*,t}) \frac{V_P}{1 + V_P} \right) \right) - V(a_t) \right] \\ + \lambda_k \left[V(a_t(1 + N_{k,t} V_k)) - V(a_t) \right] + \lambda_\tau [V(a_t(1 - v_t)) - V(a_t)] \\ \left. + \phi(1 - N_{m,t} - N_{b,t} - N_{k,t}) \right\} = 0 \end{aligned}$$

donde:

ϕ : es el multiplicador de lagrange de la normalización $V(a_t)e^{-\delta t}$

$V'(a_t)e^{-\delta t}$: es la variable de co-estado

Por lo tanto, encontramos que la solución para el consumo está dada por:

$$C_t = \frac{\theta \delta}{(\gamma + \theta)(1 + \tau_c)} a_t \quad (13)$$

lo cual indica que el consumo es proporcional a la riqueza, cualquiera que sea el nivel de esta última. También vemos que el consumo es una función creciente de la tasa subjetiva de descuento y decreciente de los impuestos al consumo y de la

valoración (subjetiva) de los saldos reales en la función de utilidad (γ). Así, las condiciones de primer orden conducen a:

$$\begin{aligned} \frac{\delta(1-\theta)}{N_{m,t}} + r_m &= -\sigma_{WP} + \frac{\lambda_e v_e}{1 + (1 - N_{m,t} - N_{b,t} - N_{b^*,t})v_e} \\ &+ \frac{\lambda_q v_q}{1 + (1 - N_{m,t} - N_{b,t} - N_{b^*,t})v_q} + \delta\phi \\ r_b &= r_m + \frac{\delta(1-\theta)}{N_{m,t}} \\ r_k &= \sigma_{Wk} + \frac{\lambda_k v_k}{1 + (1 - N_{m,t} - N_{b,t} - N_{b^*,t})v_k} + \delta\phi \end{aligned}$$

y

$$r_{b^*} = \sigma_{Wp^*} + \frac{\lambda_e v_e}{1 + (1 - N_{m,t} - N_{b,t} - N_{b^*,t})v_e} + \delta\phi$$

A partir de la solución simultánea del sistema de ecuaciones anteriores, se tiene que:

$$N_{m,t} = \frac{\gamma\delta}{(\gamma + \theta)i(1 + \tau_i)} \quad (14)$$

lo anterior indica que la proporción óptima de la riqueza que se destina a la tenencia de efectivo es función de la tasa subjetiva de descuento, pero decreciente de la tasa de interés doméstica. También, de dichas condiciones de primer orden se obtiene la siguiente relación entre el rendimiento del capital y la tasa de interés de los bonos domésticos:

$$\begin{aligned} r_k - r_b &= \sigma_{Wk} - \frac{\lambda_k v_k}{1 + (1 - N_{m,t} - N_{b,t} - N_{b^*,t})v_k} + \delta\phi + \pi_p - \sigma_p^2 \\ &- \frac{\delta(1-\theta)}{N_{m,t}} \end{aligned} \quad (15)$$

Ahora obtenemos la diferencial de rendimientos entre los bonos extranjeros y los domésticos.

$$r_{b^*} - r_b = -\sigma_{wp^*} + \frac{\lambda_q v_q}{1 + (1 - N_{m,t} - N_{b,t} - N_{b^*,t})v_q} + \delta\phi + \pi_p - \sigma_p^2 - \frac{\delta(1 - \theta)}{N_{m,t}} \quad (16)$$

la cual representa excedente del rendimiento del bono externo respecto al bono doméstico. Las expresiones anteriores permiten la determinación de las demandas de bonos externos y activos de capital en la economía.

3.3 Un modelo estocástico del comportamiento de las empresas

La función de producción de la empresa representativa en esta economía satisface:

$$dY_t = \alpha K_t dt + \alpha K_t du_{y,t} + \alpha K_t v_y dS_{y,t} \quad (17)$$

La producción tiene un comportamiento de un proceso de difusión con saltos, que depende del acervo de capital en la economía, K_t , y de un factor constante de productividad α . Se supone que las ganancias del capital pueden generarse por medio de incrementos en los precios de los activos o por el pago de dividendos, los cuales se gravan a tasas diferenciadas. Si la política de dividendos de las empresas es el pago de una proporción constante φ de los ingresos después de impuestos, se obtienen, endógenamente, todos los términos de la ecuación ($dR_{k,t}$) es decir:

$$r_k = (1 - \tau_y)[1 - \varphi\tau_d - (1 - \varphi)\tau_g]\alpha = (1 - \tau_y)(1 - \tau_k)\alpha \quad (18)$$

$$du_{k,t} = (1 - \tau_y)[1 - \varphi\tau_d - (1 - \varphi)\tau_g]\alpha du_{y,t} = (1 - \tau_y)(1 - \tau_k)\alpha du_{y,t}$$

$$V_k dS_{k,t} = (1 - \tau_y)[1 - \varphi\tau_d - (1 - \varphi)\tau_g]\alpha V_y dS_{y,t} = (1 - \tau_y)(1 - \tau_k)\alpha V_y dS_{y,t}$$

donde:

τ_d : representa la tasa impositiva sobre los dividendos,

τ_g : es la tasa de impuestos sobre la ganancia de capital

τ_y : representa la tasa a la que se gravan los ingresos corporativos.

El rendimiento en los activos de capital se ve favorecido con la mayor productividad del capital y se afecta negativamente con cualquier tipo de impuestos.

3.4 Un modelo estocástico del comportamiento del gobierno

En esta economía se tiene un gobierno cuyas acciones son: 1) ejercer el gasto publico recaudado por medio de los impuestos, 2) la impresión del dinero y 3) la emisión de bonos mediante operaciones de mercado abierto. En este caso, el gobierno tiene como restricciones presupuestales:

$$d\left(\frac{M_t}{P_t}\right) + d\left(\frac{B_t}{P_t}\right) = dG_t - d\tau_t + \left(\frac{M_t}{P_t}\right) dR_{m,t} + \left(\frac{B_t}{P_t}\right) dR_{b,t} \quad (19)$$

donde:

G_t : representa el proceso de gastos de gobierno, el cual se describe como

$$dG_t = g\alpha K_t dt + g' \alpha K_t du_{g,t} + v_g \alpha K_t dS_{g,t} \quad (20)$$

con:

g : es la tendencia

g' : Constante de proporcionalidad de riesgo

v_g : magnitud esperada del salto del proceso de gasto de gobierno

M_t : representa la masa monetaria y se supone que su comportamiento a lo largo del tiempo sigue un proceso de la forma:

$$dM_t = \mu dt + du_{m,t} + v_m dS_{m,t} \quad (21)$$

Como puede verse en la expresión $d\left(\frac{M_t}{P_t}\right) + d\left(\frac{B_t}{P_t}\right)$, el gobierno tiene ingresos por medio de la recaudación de impuestos, que cobra tanto a las empresas, τ_{ht} , como los consumidores, τ_{kt} , y que se satisfacen, respectivamente:

$$d\tau_{k,i} = \tau_c C_i dt + a_i (\bar{\tau} dt + du_{\tau,i} + v_\tau dS_{\tau,i}) + i\tau_i N_{b,i} a_i dt + (1 - \tau_y) [\varphi \tau_d + (1 - \varphi) \tau_g] (\alpha dt + \alpha du_{y,i} + \alpha v_y dS_{y,i}) \quad (22)$$

y

$$d\tau_{e,i} = \alpha \tau_y K_t (dt + du_{y,i} + v_y dS_{y,i}) \quad (23)$$

Adicionalmente, el gobierno adopta una política de endeudamiento definida a partir de una razón constante entre la cantidad de dinero y la cantidad de bonos en la economía, expresada $M_i/B_i = \xi$, cociente que se interpreta como la política de esterilización de la autoridad monetaria.

3.5 Equilibrio

En el modelo no existe acumulación de reservas, lo cual implica un tipo de cambio totalmente flexible en el que el ingreso neto de divisas (saldo de las exportaciones netas y los intereses obtenidos del exterior) se corresponde completamente con el volumen de bonos extranjeros. El saldo es positivo, los bonos extranjeros en poder de los nacionales aumenta y viceversa, lo cual se expresa mediante:

$$d\left(\frac{B_t^*}{Q_t}\right) = dY_t - dc_t - dk_t - dG_t + \left(\frac{B_t^*}{Q_t}\right) dG_{b^*,t} \quad (24)$$

Si se sustituyen las expresiones $(dR_{k,t})$, (dY_t) y (dG_t) en la expresión anterior, se encuentra la condición para el equilibrio doméstico en el mercado de bienes:

$$\begin{aligned} d\left(\frac{B_t^*}{Q_t}\right) + dK_t &= \left(\alpha(1 - g)K_t - c_t + (i - q + \sigma_q^2)\frac{B_t^*}{Q_t}\right) dt \\ &+ \alpha K_t (du_{y,t} - g' du_{g,t}) - \frac{B_t^*}{Q_t} du_{q,t} \\ &+ \alpha K_t (v_y dS_{y,t} - v_g dS_{g,t}) - \frac{B_t^*}{Q_t} \left(\frac{1}{1 + v_q} - 1\right) dS_{q,t} \end{aligned} \quad (25)$$

La expresión resultante da cuenta de la acumulación de riqueza en manos de los agentes domésticos a partir de la acumulación de bonos extranjeros y de capital físico.

A este par de instrumentos se les identifica como los activos comerciables internacionalmente.

En el modelo propuesto se identifican como factores externos a las políticas monetarias y fiscales, la política de deuda, la inflación externa y la productividad. Son variables endógenas el proceso del nivel general de precios, los rendimientos de los activos, la acumulación de capital, el consumo, los impuestos y el tipo de cambio. Se procede a continuación a la determinación de las diferentes expresiones de equilibrio que deben satisfacer las variables endógenas del modelo.

El equilibrio intertemporal del portafolio de inversión de los consumidores implica que la razón entre la tenencia de bonos domésticos, $N_{b,t}$, y la cantidad de activos comercializables internacionalmente, $N_{k,t} + N_{b^*,t}$, permanece constante, de lo cual se deduce que el comportamiento del nivel general de precios en equilibrio está dado por (véase apéndice sobre la determinación de una solución factible de $N_{m,t}$, $N_{b,t}$, $N_{b^*,t}$ y $N_{k,t}$):

$$P_t = \left(\frac{N_{b^*,t} + N_{k,t}}{N_{m,t}} \right) \left(\frac{M_t}{B_t^*/Q_t + K_t} \right) \quad (26)$$

Observe que, en la expresión anterior, la dinámica de los precios depende de las trayectorias en equilibrio de la oferta monetaria, los bonos externos y el capital. Si se igualan los componentes de tendencia, riesgos y saltos en la expresión (P_t) y, posteriormente, se igualan con el lado derecho de la expresión resulta que:

$$\begin{aligned} \pi_t = & \mu - \alpha(1 - g)\eta - (1 - \eta)(i_t^* - \pi_q + \sigma_q^2) + \frac{\theta\delta\eta}{(1 + \tau_c)(\theta + \gamma)N_{k,t}} \\ & + \alpha^2\eta^2\sigma_y^2 + \alpha^2\eta^2g'^2\sigma_g^2 + (1 - \eta)^2\sigma_q^2 \end{aligned} \quad (27)$$

donde: las componentes de riesgo de M_t , B_t^* , Q_t y K_t se suponen, por simplicidad, no correlacionadas y donde se ha denotado $\eta = N_{k,t}/(N_{k,t} + N_{b^*})$; en el caso del componente de riesgo del proceso de precios, la expresión resultante es:

$$du_{p,t} = du_{m,t} - \alpha\eta du_{y,t} + \alpha\eta g' du_{g,t} + (1 - \eta) du_{q,t} \quad (28)$$

Y en el caso del componente de saltos, los precios se comportan como:

$$v_p dS_{p,t} = v_m dS_{m,t} - \alpha\eta(v_y dS_{y,t} - v_g dS_{g,t}) - (1 - \eta) \left(\frac{1}{1 + v_q} - 1 \right) dS_{q,t} \quad (29)$$

La expresión (π_t) muestra una condición ampliamente conocida del comportamiento de la inflación; un incremento de la tasa de expansión monetaria genera un incremento en la inflación de la misma magnitud, así como también lo hace un incremento en el gasto de gobierno y en la importancia del consumo en la función de utilidad. Por otro lado, incrementos en la tasa de productividad y en el rendimiento real de los bonos externos disminuyen la inflación.

Adicionalmente, la expresión (π_t) permite ver que la incertidumbre sobre el comportamiento de la producción, el gasto de gobierno y el tipo de cambio tienen efectos sobre la inflación, resultado que se confirma en la ecuación $(du_{p,t})$. Asimismo, en (π_t) se corrobora que la incertidumbre en la política monetaria, la producción, el gasto de gobierno y la inflación externa conducen a un escenario de incertidumbre en el comportamiento de la inflación. Por último, la ecuación $(v_p dS_{p,t})$ justifica que los saltos en el proceso inflacionario son conducidos por otras variables fundamentales: anuncios inesperados sobre la política monetaria, el gasto de gobierno, la producción doméstica y la inflación externa.

4. MODELO ECONOMETRICO DE LA ECONOMÍA MEXICANA BAJO RIESGO E INCERTIDUMBRE

En la presente sección se plantea un modelo econométrico para la economía mexicana, partiendo de las relaciones obtenidas del modelo estocástico de la sección anterior. Retomando los supuestos teóricos del modelo específicamente el comportamiento de algunas variables macroeconómicas y los datos de la economía mexicana utilizando la metodología de series de tiempo y el modelo de vectores autorregresivos proponemos un modelo capaz de explicar y aproximar el comportamiento de las variables estudiadas.

4.1 Metodología de series de tiempo

Las series de tiempo son una secuencia de observaciones, medidas en determinados momentos del tiempo, ordenados cronológicamente y, espaciados entre sí de manera uniforme.

Las series de tiempo se basan en la suposición de que los valores que toma la variable de observación es la consecuencia de tres componentes:

- 1 Componente tendencia: se define como un cambio a largo plazo que se produce en la relación al nivel medio, o el cambio a largo plazo de la media.
- 2 Componente estacional: las series de tiempo presentan cierta periodicidad o dicho de otro modo, variación de dicho periodo (semestral, mensual, etc.).
- 3 Componente aleatoria: Como lo menciona esta componente no tiene un patrón de comportamiento específico, si no, que es el resultado de factores fortuitos.

De estos tres componentes los dos primeros son componentes determinísticos, mientras que la tercera componente es aleatoria. Así se puede denotar la serie tiempo como sigue:

$$X_t = T_t + E_t + I_t \quad (30)$$

4.1.1 Modelo VAR

El modelo del tipo vector autoregresivo (VAR) desarrollado por Sims (1980 y 1986) ha tenido gran popularidad al ser una herramienta muy útil cuando queremos caracterizar las interacciones simultáneas entre un grupo de variables. Una de estas caracterizaciones es el análisis empírico de las series de tiempo económicas ya que tiene las siguientes propiedades: i) parte de un enfoque atóxico, ii) es capaz de separar los efectos pasados que explican al vector de las variables endógenas a través de su pasado o mediante variables autorregresivas. Esto se ilustra de la siguiente manera: un vector autorregresivo de orden uno, VAR(1), se tiene su forma primitiva. (Enders, 2010)

$$\begin{aligned}y_t &= b_{10} - b_{12}Z_t + \gamma_{11}y_{t-1} + \gamma_{12}Z_{t-1} + \varepsilon_{yt} \\Z_t &= b_{20} - b_{21}y_t + \gamma_{21}y_{t-1} + \gamma_{22}Z_{t-1} + \varepsilon_{zt}\end{aligned}\tag{1}$$

ó

$$\begin{pmatrix} 1 & b_{12} \\ b_{21} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} y_t \\ z_t \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} b_{10} \\ b_{20} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \gamma_{11} & b_{12} \\ \gamma_{21} & \gamma_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} y_{t-1} \\ z_{t-1} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \varepsilon_{yt} \\ \varepsilon_{zt} \end{pmatrix}\tag{2}$$

Equivalentemente,

$$Bx_t = \Gamma_0 + \Gamma_1x_{t-1} + \varepsilon_t\tag{3}$$

donde el vector x_t agrupa las variables endógenas, la matriz B contiene los coeficientes de los efectos pasados sobre x_t , por último los efectos estocásticos que están representados por el vector ε_t . A partir de la expresión (3), se obtiene la forma estándar:

$$x_t = \Pi_0 + \Pi_1x_{t-1} + e_t\tag{4}$$

donde

$$\Pi_0 = B^{-1}\Gamma_0, \quad \Pi_1 = B^{-1}\Gamma_1 \quad Y \quad e_t = B^{-1}\varepsilon_t.$$

El término e_t es un componente residual y es lo que hace la diferencia con la expresión (3). Por otro lado se supone que se cumple la descomposición de Wald donde las

variables endógenas del $VAR(p)$ al cumplir el supuesto de estacionariedad (o ser débilmente estacionarias) es posible invertir la expresión (4) en un vector de medias móviles, $VAR(\infty)$, permitiendo con ello visualizar a través de la matriz de los multiplicadores de impacto de corto y largo plazo (o funciones impulso respuesta) cómo los choques estocásticos afectan la trayectoria del vector de las variables endógenas, este último aspecto se puede apreciar en las siguientes expresiones:

$$\begin{pmatrix} y_t \\ x_t \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \bar{y} \\ \bar{x} \end{pmatrix} + \sum_{i=0}^{\infty} \begin{pmatrix} \phi_{11}(i) & \phi_{12}(i) \\ \phi_{21}(i) & \phi_{22}(i) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \varepsilon_{yt-i} \\ \varepsilon_{xt-i} \end{pmatrix} \quad (5)$$

ó

$$x_t = \mu + \sum_{i=0}^{\infty} \phi_i \varepsilon_{t-1} \quad (6)$$

donde $\sum_{i=0}^{\infty} \phi_{12}(i)$ es el multiplicados de impacto, mientras que $\sum_{i=0}^{\infty} \phi^2(i)$ es el multiplicador total o de largo plazo.

4.1.2 Cointegración

Un vector z de variables de naturaleza $I(1)$ se dicen cointegradas si existe una combinación lineal de las mismas, definida por un vector α tal que $\alpha'z$ es una variable aleatoria $I(0)$, es decir, estacionaria. Más generalmente, se dice que un vector z de variables cuyo máximo orden de integración es q están cointegradas si existe una combinación lineal de las mismas, definida por un vector α tal que $\alpha'z$ es una variable aleatoria $I(p)$, con $p < q$. El vector α se denomina vector de cointegración.

El análisis de cointegración es esencial cuando se tiene una combinación de variables que presenten una similitud en el orden de integración. Si se tiene una ecuación con las siguientes condiciones:

Sean las variables $X_t \sim I(1)$ $Y_t \sim I(1)$,

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_t + u_t \quad (1)$$

Si existe una combinación lineal de estas variables que sea estacionaria. Entonces, se dice que están cointegradas.

$$Y_t - \beta_0 - \beta_1 X_t = u_t \quad \text{puede ser } I(0) \quad (2)$$

Intuitivamente el hecho de que el error sea estacionario indica que las series presentan una tendencia en común. Si las series cointegran la regresión entre las dos variables es significativa (no es espuria) y no se pierde información valiosa de largo plazo, lo cual sucedería si se estima la regresión en primeras diferencias.

4.1.3 Proceso estocástico de raíz unitaria

Sea:

$$Y_t = pY_{t-1} + u_t \quad -1 \leq p \leq 1 \quad (1)$$

Si p es en efecto 1, tenemos lo que se conoce como problema de raíz unitaria; es decir enfrentamos una situación de no estacionariedad. El nombre de raíz unitaria se debe a que $p = 1$ a la 4. Por tanto, los términos no estacionariedad, raíz unitaria y tendencia estocástica se considera sinónimos.

4.1.3.1 Prueba de raíz unitaria Dickey-Fuller

La prueba sobre estacionariedad (o no estacionariedad) que se populariza cada vez más se conoce como prueba de raíz unitaria. El punto de partida es el proceso (estocástico) de raíz unitaria que vimos en el punto anterior (1). Además, no podemos estimar la ecuación (1) por MCO y probar la hipótesis de que $p = 1$ por medio de la prueba t acostumbrada, porque esa prueba tiene un sesgo muy marcado en el caso de una raíz unitaria. Por tanto, manipulamos (1) de la siguiente forma: restamos Y_{t-1} de ambos miembros de la ecuación (1) para obtener.

⁴ Una Observaciones técnicas: si $p = 1$, (1) se expresa como $Y_t - Y_{t-1} = u_t$. Ahora con el operador de rezago L , de modo que $LY_t = Y_{t-1}$, $L^2 Y_t = Y_{t-2}$, etc., (1) se escribe como $(1 - L)Y_t = u_t$. El término “raíz unitaria” se refiere a la raíz del polinomio en el operador de rezago. Si se tiene $(1 - L) = 0$, $L = 1$, de ahí el nombre de raíz unitaria.

$$\begin{aligned} Y_t - Y_{t-1} &= \rho Y_{t-1} - Y_{t-1} + u_t \\ &= (\rho - 1)Y_{t-1} + u_t \end{aligned} \quad (2)$$

la cual también se expresa como:

$$\Delta Y_t = \delta Y_{t-1} + u_t \quad (3)$$

donde $(\rho - 1)$ y Δ , como siempre, es el operador de primeras diferencias.

Dickey y Fuller probaron que según la hipótesis nula de que $\delta = 0$, el valor estimado t del cociente Y_{t-1} en (3) sigue el estadístico $\tau(tau)$, se conoce como prueba Dickey-Fuller (DF).

Al analizar la naturaleza del proceso de raíz unitaria en las secciones anteriores, la prueba DF se estima en tres diferentes formas, es decir, conforme a tres hipótesis nulas:

$$Y_t \text{ es una caminata aleatoria} \quad \Delta Y_t = \delta Y_{t-1} + u_t \quad (4)$$

$$Y_t \text{ es una caminata aleatoria con tendencia:} \quad \Delta Y_t = \beta_1 + \delta Y_{t-1} + u_t \quad (5)$$

$$\begin{aligned} Y_t \text{ es una caminata aleatoria con tendencia} \\ \text{alrededor de una tendencia determinista:} \quad \Delta Y_t = \beta_1 + \beta_2 t + \delta Y_{t-1} + u_t \end{aligned} \quad (6)$$

donde t es la variable de tiempo o de tendencia. En cada caso, las hipótesis son:

Hipótesis nula: $H_0: \delta = 0$ (es decir, existe una raíz unitaria, la serie de tiempo es no estacionaria o tiene tendencia estocástica).

Hipótesis alternativa: $H_0: \delta < 0$ (es decir, la serie de tiempo es estacionaria, posiblemente alrededor de una tendencia determinista)⁵.

Si rechazamos la hipótesis nula, esto significa que 1) Y_t es estacionaria con media cero en el caso de la ecuación (4) o que 2) Y_t es estacionaria con media distinta de cero en el caso de (6).

⁵ Descartamos la posibilidad de que $\delta > 0$ por que en este caso $p > 1$, y de ser así, la serie de tiempo subyacente sería explosiva.

4.1.3.2 Prueba de raíz unitaria Dickey-Fuller Aumentada (DFA)

Una vez llevando a cabo la prueba de DF en (4), (5) y (6) supusimos que el término de error u_t no estaba correlacionado. Pero Dickey y Fuller desarrollaron una prueba cuando dicho término sí está correlacionado, la cual se conoce como prueba de Dickey-Fuller aumentada (DFA). Esta prueba implica “aumentar” las tres ecuaciones anteriores mediante la adición de los valores rezagados de la variable dependiente ΔY_t . La prueba DFA consiste en este caso en estimar las siguientes regresiones:

$$\Delta Y_t = \beta_1 + \beta_2 t + \delta Y_{t-1} + u_t + \sum_{i=0}^m \alpha_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (7)$$

donde ε_t es un término de ruido blanco y donde $\Delta Y_{t-1} = (Y_{t-1} - Y_{t-2})$, $\Delta Y_{t-2} = (Y_{t-2} - Y_{t-3})$, etc..

Dada una serie de la siguiente forma:

$$LGCP_t = \beta_1 + \beta_2 LIDP_t + u_t \quad (8)$$

En términos económicos, dos variables serán cointegradas si existe una relación de largo plazo, o de equilibrio, entre ambas. Una prueba para la cointegración puede considerarse como una pre-prueba para evitar las situaciones espurias.

En el lenguaje de la teoría de la cointegración, una regresión como (7) se conoce como regresión cointegrante, y el parámetro de pendiente β_2 parámetro cointegrante.

4.1.3.3 Causalidad de Engle Granger

Para aplicar una pruebas de raíz unitaria sólo DF y DFA. Sólo necesitamos estimar una regresión como (8), obtener los residuos y utilizar la prueba DF o DFA. No obstante, debe tomarse una precaución. Como la u_t estimada se basa en el parámetro de cointegración estimado β_2 , los valores críticos de significancia DF y DFA no son del todo apropiados. Engle y Granger calcularon estos valores, los cuales se encuentran en las referencias. Por consiguiente, en el contexto actual, las pruebas DF y DFA se conocen como la prueba de Engle-Granger (EG) y la prueba de Engle-Granger aumentada (EGA).

4.1.3.4 Corrección de error

Si dos series están cointegradas hay una relación de equilibrio de largo plazo entre las dos. Por lo que, también en el corto plazo puede haber desequilibrio. En consecuencia, podemos tratar el término de error en la siguiente ecuación como el “error de equilibrio”.

El mecanismo de corrección de errores (MCE), utilizado por primera vez por Sargan y divulgado más tarde por Engle y Granger, corrige el desequilibrio. Un importante teorema, conocido como teorema de representación de Granger, afirma que si dos variables Y y X están cointegradas, la relación entre las dos se expresa como MCE.

La ecuación MCE (9) establece que $\Delta LGCP$ depende de $\Delta LIPD$ y también del término de error de equilibrio. Si este último es diferente de cero, el modelo no está en equilibrio.

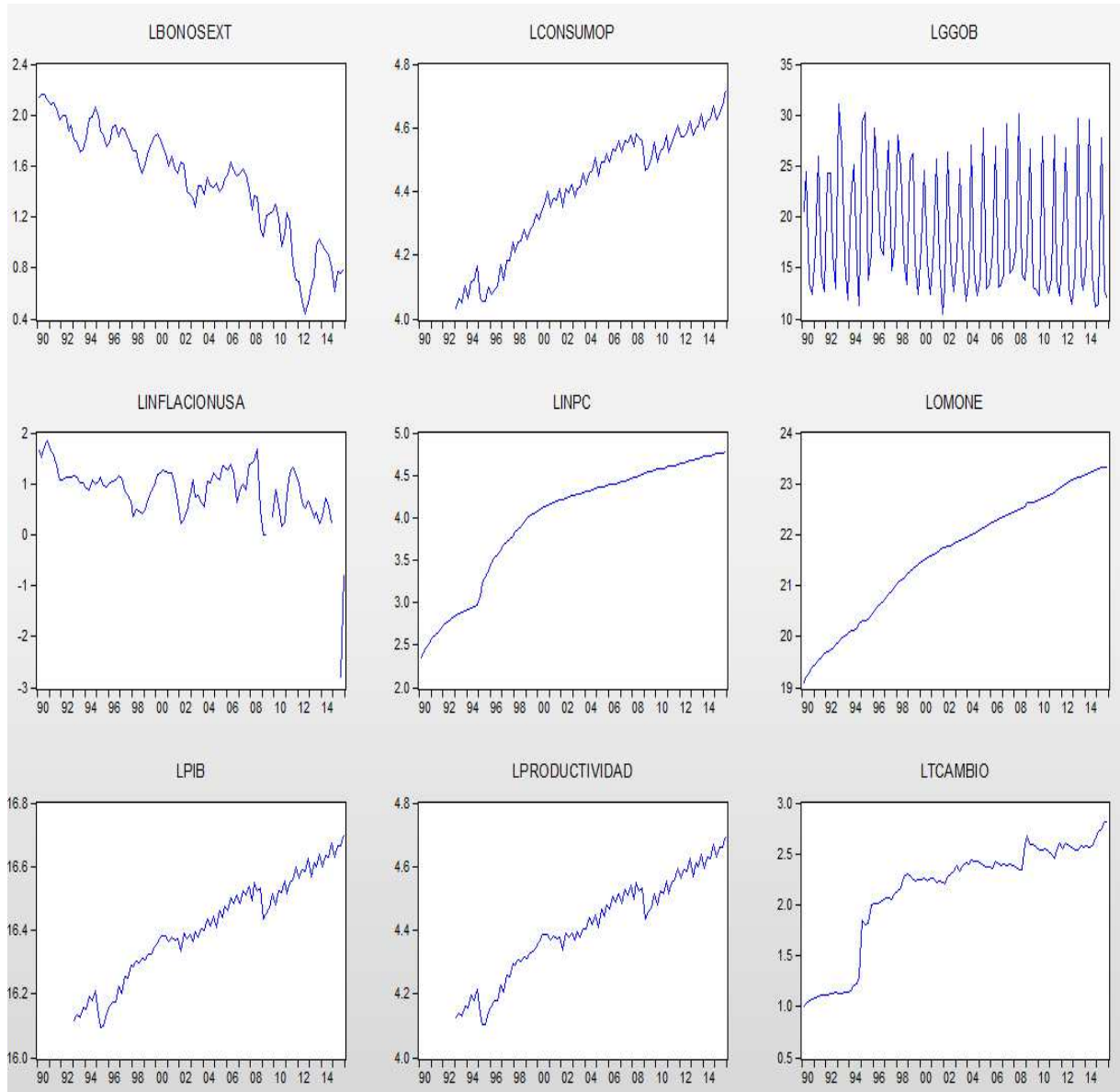
4.2 Modelo econométrico

A continuación se presenta un modelo econométrico basado en los resultados del modelo teórico de la sección anterior, se toma a la inflación como una variable endógena que depende de la tasa de expansión, el gasto público, el consumo privado, la tasa de productividad y el rendimiento real de los bonos externos, además de que la variabilidad de la producción, el gasto de gobierno y el tipo de cambio también tienen influencia en la inflación.

4.2.1 Raíces unitarias

Para la estimación del modelo se emplean 104 observaciones trimestrales (en niveles) para cada una de las series abarcando los años 1990-2015, el comportamiento de las variables anteriores se muestra en la gráfica 7, y observamos que la mayoría de las series tienen la presencia de raíces unitarias.

Grafica 7. Comportamiento de las variables de estudio



Elaboración propia con datos del INEGI y Banco de México

Ahora indagamos sobre el supuesto de normalidad para ello examinamos si los errores se distribuyen de manera normal a través de la prueba Jarque-Bera tomando en cuenta las tasas de crecimiento de las variables. En la tabla 1 podemos notar que sólo algunas variables (en errores) están distribuidas normalmente, pero en general no existe normalidad en las variables entonces el método por mínimos cuadrados no es eficiente.

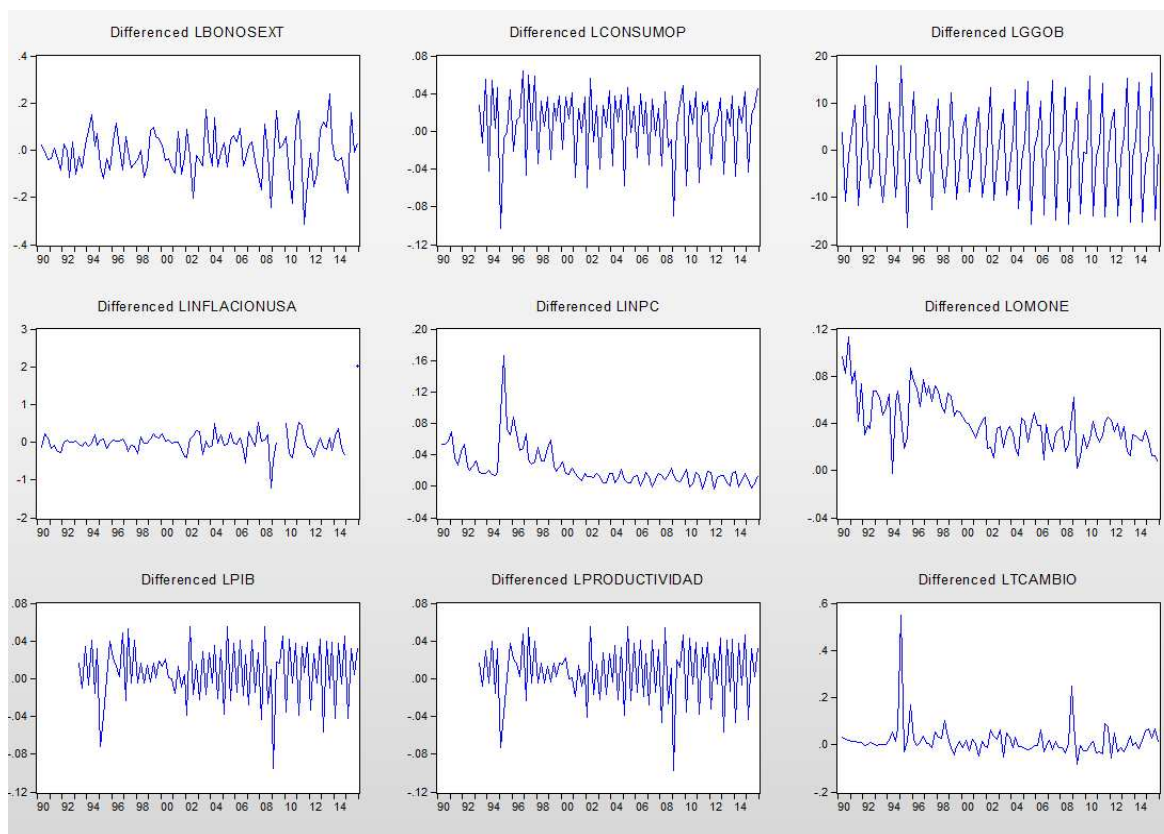
Tabla 1. Prueba Jarque-Bera para las variables

Variable	Media	Mediana	Máx.	Mín.	Desv. estándar	Sesgo	Curtosis	Jarque-Bera	Prob.
IINPC	3.44E-16	0.280	0.788	-1.625	0.711	-0.884	2.407	15.057	0.001
IOmonetaria	-5.16E-15	0.216	1.712	-2.523	1.207	-0.416	2.001	7.314	0.026
Lproductividad	6.53E-16	0.001	0.283	-0.301	0.157	-0.301	2.145	4.188	0.123
Lbonosexterno	-6.34E-16	0.056	0.677	-1.049	0.431	-0.577	2.486	6.921	0.031
Lconsumop	1.59E-16	0.054	0.313	-0.370	0.191	-0.541	2.037	8.045	0.018
Lggobierno	-2.87E-15	0.152	2.140	-2.847	1.257	-0.385	2.342	13.663	0.010
Linflacionusa	-4.27E-17	0.135	1.001	-3.635	0.578	-2.584	16.624	920.075	0.000
Lpib	-8.95E-15	0.000	0.290	-0.313	0.160	-0.283	2.140	4.065	0.131
ITcambio	-4.04E-16	0.202	0.689	-1.125	0.530	-1.109	2.808	21.466	0.000

Elaboración propia con datos del INEGI y Banco de México.

Para determinar las raíces unitarias primero verificaremos que los órdenes de integración de cada serie deben ser todos iguales, como primer paso se presenta la gráfica 8 que es el comportamiento de las primeras diferencias del logaritmo de nuestras variables, de esta manera son I(1).

Gráfica 8. Comportamiento de las variables de estudio



Elaboración propia con datos del INEGI y Banco de México.

Realizamos la prueba de raíz unitaria Dickey-Fuller Aumentada y Phillips Perron obteniendo que todas las series están integradas en orden 1 sin intercepto y sin tendencia. La tabla 2 presenta los resultados de las pruebas.

Tabla 2. Raíz unitaria y orden de integración. Prueba sin intercepto y sin tendencia a primeras diferencias

Series	Dickey Fuller Aumentada		Phillips Perron	
	t-Stat	Prob	t-Stat	Prob
D(IINPC)	-1.944072	0.0419	-1.944006	0.0076
D(LOmone)	-1.944072	0.0209	-1.944006	0.0186
D(lproductividad)	-1.94453	0.0000	-1.944445	0.0000
D(lbonosext)	-1.944039	0.0000	-1.944006	0.0000
D(lconsumo)	-1.94453	0.0000	-1.944445	0.0000
D(lggob)	-1.944072	0.0000	-1.944006	0.0000
D(linflacionusa)	-1.944248	0.0000	-1.944248	0.0000
D(lpib)	-1.94453	0.0000	-1.944445	0.0000
D(ITcambio)	-1.944006	0.0000	-1.944006	0.0000

Elaboración propia con datos del INEGI y Banco de México.

Dado que las series están integradas en el mismo orden podemos generar la ecuación que explique su comportamiento en el largo plazo, es decir generaremos la ecuación de largo plazo del comportamiento de la inflación que depende del INPC, la oferta monetaria, la productividad, el consumo privado, rendimiento de los bonos extranjeros, el gasto de gobierno, la inflación externa, el PIB y el tipo de cambio.

Tabla 3. Estimación de la ecuación de largo plazo

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	296.102	51.29085	5.772996	0
LBONOSEXT	0.09645	0.038283	2.519374	0.0137
LCONSUMOP	0.35892	0.27133	1.322827	0.1895
LGGOB	-0.00527	0.011173	-0.471425	0.6386
LOMONE	0.41885	0.060226	6.954667	0
LPIB	-25.2383	4.294848	-5.876416	0
LTCAMBIO	0.5069	0.042505	11.92586	0
LPRODUCTIVIDAD	24.9848	4.351708	5.741387	0
LINFLACIONUSA	0.00487	0.006351	0.767114	0.4452
R-squared	0.990503	Prob(F-statistic)	0.000000	
Adjusted R-squared	0.989697	Durbin-Watson stat	0.738982	

Elaboración propia con datos del INEGI y Banco de México

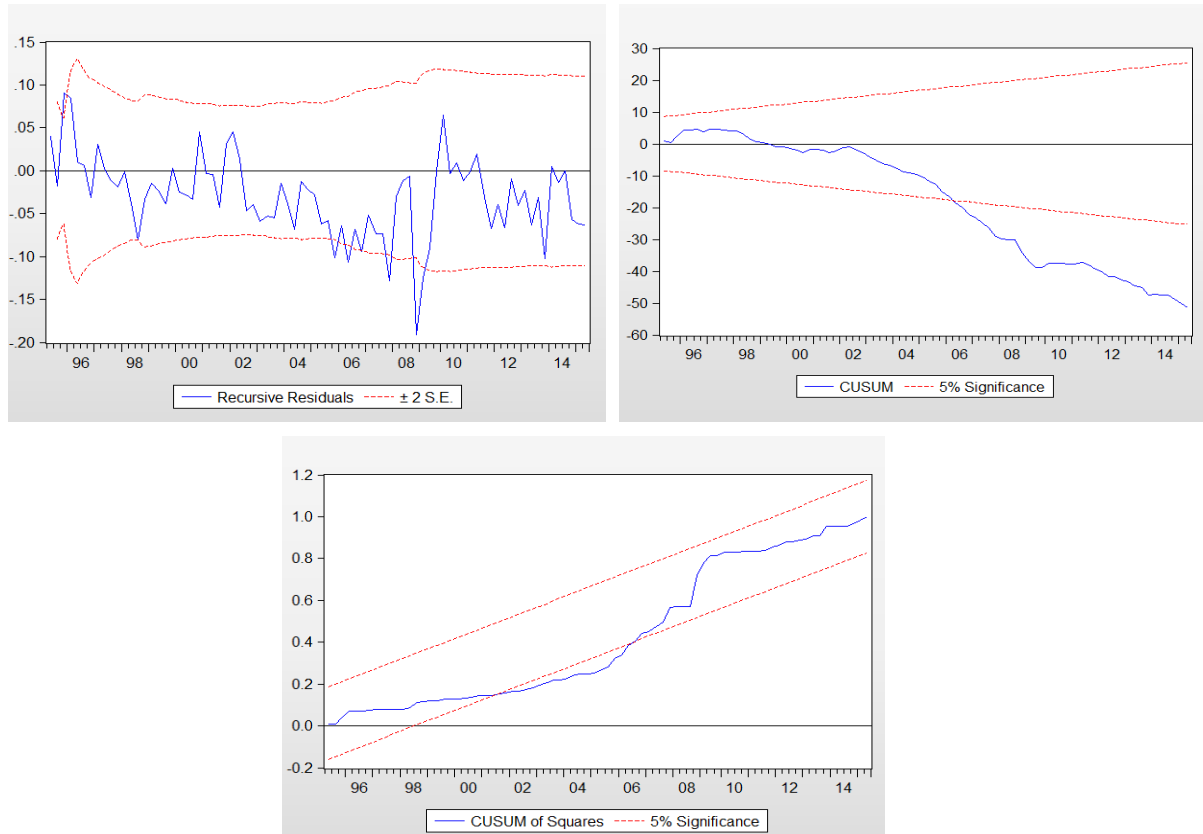
De lo anterior obtenemos el modelo:

$$\begin{aligned} LINPC = & 296.102 + 0.41885Omone + 24.9848productividad \\ & + 0.0096LBonosext - 0.35892Lconsumop - 0.00527Lggob \\ & + 0.00487Infusa - 25.2385LPIB + 0.5069LTcambio \end{aligned}$$

Tal como se concluyó en el modelo anterior la inflación depende positivamente de la tasa de expansión monetaria, de la productividad, del tipo de cambio, de la tasa de rendimientos de los bonos extranjeros y del consumo privado, y depende negativamente del producto y del gasto de gobierno.

El indicador R-squared indica la manera en que se acerca la línea de regresión a la línea de los datos, es decir entre más se acerque a 1 el valor mejor será el modelo, lo que para nuestro caso es muy aproximado a 1. Usando la prueba CUSUM y CUSUM-Q determinamos que existen cambios estructurales ver gráficas 9. Considerando los gráficos y la situaciones por las cuales se enfrentó el país verificamos donde se encuentran los cambios estructurales con la prueba chow Breakpoint y los encontramos para los años 1995.II y para 2008.I.

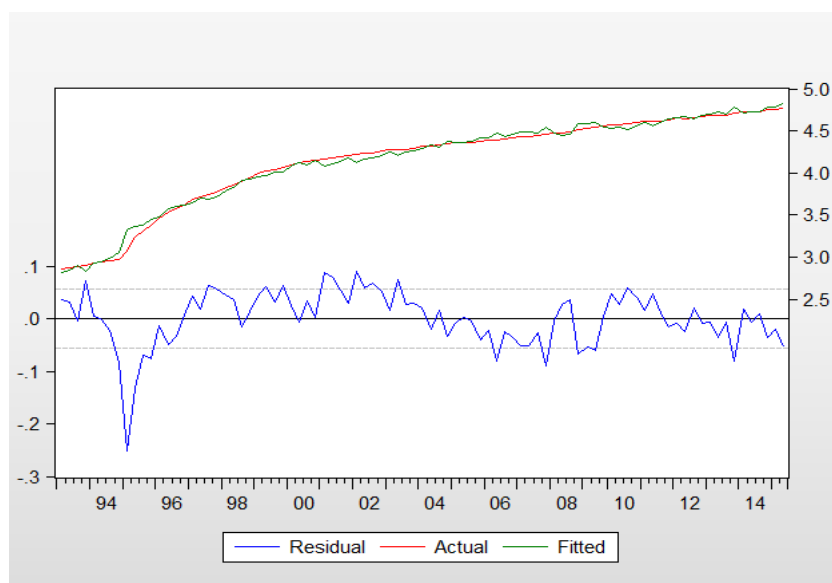
Gráfica 9. Pruebas CUSUM y CUSUM-Q para cambios estructurales



Elaboración propia con datos del INEGI y Banco de México

En la grafica 10 se observa el ajuste histórico de la inflación de donde vemos que el ajuste es muy acertado.

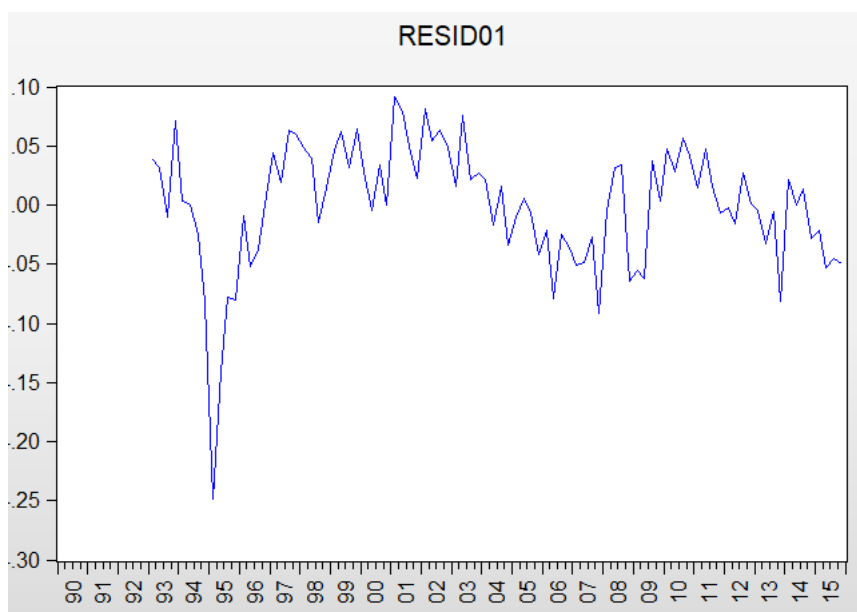
Gráfica 10. Ajuste histórico de la inflación



Elaboración propia con datos del INEGI y Banco de México

Ahora generaremos los residuos para nuestra ecuación con 7 rezagos⁶. El procedimiento consiste en realizar la prueba de raíces unitarias a los residuos de la ecuación y con ellos verificar su estacionariedad para posteriormente aplicar la prueba de Engle y Granger.

Gráfica 11. Comportamiento de los residuos



Elaboración propia con datos del INEGI y Banco de México

⁶De acuerdo con evies el número máximo de rezagos es 7 usando la prueba de lag Length criteria.

Cuadro 1. Modelo de corrección de errores

Vector Error Correction Estimates

Sample (adjusted): 1993Q4 2015Q4
 Included observations: 89 after adjustment
 Standard errors in () & t-statistics in []

Cointegrating Eq:	CointEq1
LBONOSEXT(-1)	1.000000
LCONSUMOP(-1)	-6.500266 (3.40871) [-1.90696]
LGGOB(-1)	-20.87149 (0.44691) [-46.7015]
LINFLACIONUSA(-1)	0.630507 (0.08623) [7.31171]
LINPC(-1)	3.568547 (1.75002) [2.03915]
LOMONE(-1)	14.42928 (0.85135) [16.9486]
LPIB(-1)	206.8790 (74.0073) [2.79539]
LPRODUCTIVIDAD(-1)	-207.9885 (74.2937) [-2.79954]
LTCAMBIO(-1)	6.764331 (1.30951) [5.16554]
C	-2523.907

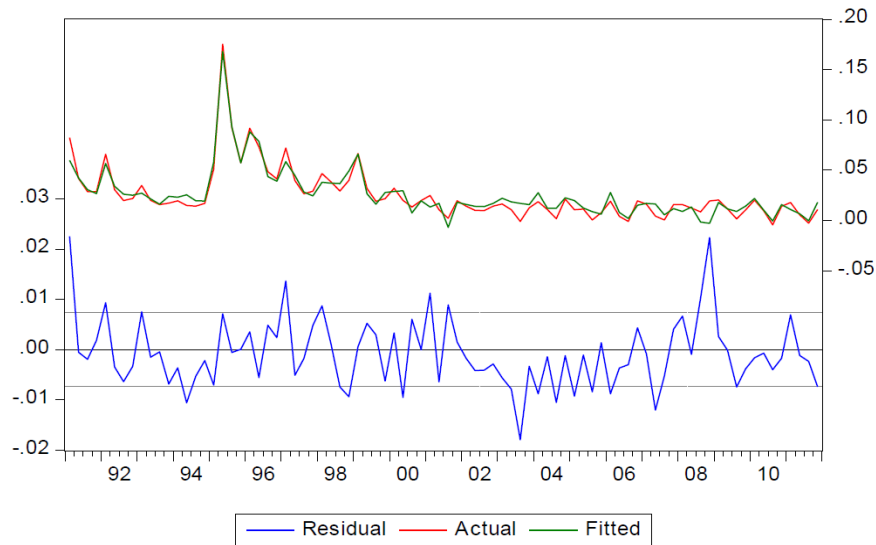
Elaboración propia con datos del INEGI y Banco de México

Arrojándonos el modelo de corrección de errores la ecuación de corto plazo siguiente:

$$\begin{aligned}
 D(LINPC) = & 0.000302002132686 * (LBONOSEXT(-1) - 6.50026561091 * LCONSUMOP(-1) \\
 & - 20.8714882873 * LGGOB(-1) + 0.630506505947 * LINFLACIONUSA(-1) \\
 & + 3.56854689652 * LINPC(-1) + 14.4292811513 * LOMONE(-1) + 206.879041663 \\
 & * LPIB(-1) - 207.988450165 * LPRODUCTIVIDAD(-1) + 6.76433120587 \\
 & * LTCAMBIO(-1) - 2523.90677428) + 0.0127167390909 * D(LBONOSEXT(-1)) \\
 & + 0.0104101264918 * D(LBONOSEXT(-2)) + 0.10102658236 * D(LCONSUMOP(-1)) \\
 & + 0.164432468368 * D(LCONSUMOP(-2)) + 0.0108278024371 * D(LGGOB(-1)) \\
 & + 0.00588045538885 * D(LGGOB(-2)) + 0.00475385935389 \\
 & * D(LINFLACIONUSA(-1)) + 0.000978775402517 * D(LINFLACIONUSA(-2)) \\
 & + 0.463937021299 * D(LINPC(-1)) + 0.0492241080496 * D(LINPC(-2)) \\
 & + 0.156632917539 * D(LOMONE(-1)) + 0.246234306614 * D(LOMONE(-2)) \\
 & + 2.68668833345 * D(LPIB(-1)) + 1.37731246886 * D(LPIB(-2)) - 2.83944621469 \\
 & * D(LPRODUCTIVIDAD(-1)) - 1.6399861924 * D(LPRODUCTIVIDAD(-2)) \\
 & + 0.169427832471 * D(LTCAMBIO(-1)) - 0.0106298373084 * D(LTCAMBIO(-2)) \\
 & - 0.00807578052362
 \end{aligned}$$

Y el comportamiento de este ajuste es el siguiente:

Gráfica 12. Ajuste del VEC a partir del método de Johansen



Elaboración propia con datos del INEGI y Banco de México

Después de determinar el número mínimo de rezagos con la prueba de Var Lag Order Selection Criteria y de determinar que son 2 continuamos con la estimación del VAR.

Cuadro 2. Modelo VAR

Vector Autoregression Estimates Date: 11/16/17 Time: 15:25 Sample (adjusted): 1993Q4 2015Q4 Included observations: 89 after adjustments Standard errors in () & t-statistics in []							
	LBONOSEXT	LCONSUMOP	LGGOB	LINFLACIONU	LINPC	LOMONE	LPB
LBONOSEXT(-1)	1.038045 (0.13146) [7.89607]	-0.008298 (0.02094) [-0.39620]	-0.158453 (0.13022) [-1.21676]	-0.683654 (0.97687) [-0.69984]	0.008637 (0.01530) [0.56443]	-0.016289 (0.01616) [-1.00783]	-0.012216 (0.02283) [-0.53512]
LBONOSEXT(-2)	-0.331554 (0.18143) [-1.82744]	0.000826 (0.02890) [0.02859]	0.147894 (0.17972) [0.82291]	0.129574 (1.34816) [0.09611]	0.002226 (0.02112) [0.10542]	0.023454 (0.02231) [1.05148]	0.012120 (0.03151) [0.38469]
LBONOSEXT(-3)	0.115294 (0.12856) [0.89678]	0.027619 (0.02048) [1.34853]	0.188890 (0.12735) [1.48321]	1.091630 (0.95532) [1.14268]	0.002775 (0.01496) [0.18541]	-0.015511 (0.01581) [-0.98134]	0.013698 (0.02233) [0.61355]
LCONSUMOP(-1)	1.640238 (1.42387) [1.15196]	0.461673 (0.22683) [2.03533]	-2.655369 (1.41045) [-1.88263]	7.177164 (10.5804) [0.67834]	0.169862 (0.16574) [1.02489]	-0.459902 (0.17506) [-2.62714]	0.229249 (0.24726) [0.92715]
LCONSUMOP(-2)	1.554099 (1.38850) [1.11926]	0.132880 (0.22120) [0.60074]	-0.256614 (1.37542) [-0.18657]	1.735344 (10.3176) [0.16819]	0.103493 (0.16162) [0.64035]	0.188603 (0.17071) [1.10481]	-0.377400 (0.24112) [-1.56520]
LCONSUMOP(-3)	-2.151069 (1.31971) [-1.62996]	0.016226 (0.21024) [0.07718]	2.317706 (1.30727) [1.77293]	-2.612607 (9.80640) [-0.26642]	-0.222626 (0.15361) [-1.44928]	0.145425 (0.16225) [0.89629]	-0.005880 (0.22917) [-0.02566]
LGGOB(-1)	-0.027505 (0.05598) [-0.49137]	-0.055437 (0.00892) [-6.21683]	-0.878906 (0.05545) [-15.8509]	-0.680170 (0.41594) [-1.63526]	0.005174 (0.00652) [0.79406]	0.015555 (0.00688) [2.26019]	-0.046167 (0.00972) [-4.74945]
LGGOB(-2)	-0.047527 (0.04243) [-1.12003]	-0.023156 (0.00676) [-3.42555]	-0.885846 (0.04203) [-21.0745]	-0.290486 (0.31532) [-0.92125]	-0.007137 (0.00494) [-1.44495]	0.003314 (0.00522) [0.63526]	-0.005655 (0.00737) [-0.76744]
LGGOB(-3)	0.036159 (0.04403) [0.82130]	-0.044317 (0.00701) [-6.31869]	-0.910006 (0.04361) [-20.8662]	-0.117349 (0.32715) [-0.35870]	-0.002053 (0.00512) [-0.40069]	-0.004609 (0.00541) [-0.85159]	-0.030206 (0.00765) [-3.95082]
LINFLACIONUSA(-1)	-0.050230 (0.01738) [-2.88955]	0.002265 (0.00277) [0.81798]	0.030020 (0.01722) [1.74337]	0.809521 (0.12917) [6.26705]	0.003928 (0.00202) [1.94124]	0.001394 (0.00214) [0.65230]	0.001767 (0.00302) [0.58549]

LINFLACIONUSA(-2)	0.019311 (0.02302) [0.83875]	0.000735 (0.00367) [0.20039]	0.014268 (0.02281) [0.62561]	-0.265693 (0.17108) [-1.55299]	-0.002250 (0.00268) [-0.83956]	0.003601 (0.00283) [1.27217]	0.001510 (0.00400) [0.37761]
LINFLACIONUSA(-3)	-0.001899 (0.01850) [-0.10265]	0.001685 (0.00295) [0.57151]	0.048341 (0.01833) [2.63746]	-0.045603 (0.13749) [-0.33168]	-0.001722 (0.00215) [-0.79949]	0.000172 (0.00227) [0.07562]	-0.000499 (0.00321) [-0.15520]
LINPC(-1)	0.096104 (1.23215) [0.07800]	-0.402764 (0.19629) [-2.05192]	-3.947459 (1.22053) [-3.23420]	18.34138 (9.15574) [2.00326]	1.336008 (0.14342) [9.31539]	0.042045 (0.15149) [0.27755]	-0.276883 (0.21397) [-1.29404]
LINPC(-2)	-1.382056 (1.80021) [-0.76772]	-0.252005 (0.28678) [-0.87874]	1.931097 (1.78324) [1.08291]	-39.10581 (13.3768) [-2.92340]	-0.510119 (0.20954) [-2.43447]	0.150166 (0.22133) [0.67848]	-0.051041 (0.31261) [-0.16327]
LINPC(-3)	0.683964 (1.04962) [0.65163]	0.539360 (0.16721) [3.22565]	3.291348 (1.03973) [3.16558]	16.09619 (7.79944) [2.06376]	0.049836 (0.12217) [0.40791]	-0.165262 (0.12905) [-1.28065]	0.224450 (0.18227) [1.23140]
LOMONE(-1)	1.086801 (1.02298) [1.06238]	-0.224490 (0.16297) [-1.37753]	-3.037943 (1.01334) [-2.99794]	3.708169 (7.60152) [0.48782]	0.191052 (0.11907) [1.60449]	0.986030 (0.12577) [7.83988]	0.106206 (0.17765) [0.59785]
LOMONE(-2)	-0.825535 (1.37309) [-0.60122]	0.024671 (0.21874) [0.11279]	2.683919 (1.36015) [1.97325]	-8.525742 (10.2031) [-0.83560]	0.120506 (0.15983) [0.75398]	-0.088860 (0.16882) [-0.52638]	-0.116992 (0.23844) [-0.49065]
LOMONE(-3)	-0.082745 (1.02745) [-0.08053]	0.364474 (0.16368) [2.22678]	2.650992 (1.01777) [2.60471]	7.318480 (7.63471) [0.95858]	-0.257642 (0.11959) [-2.15432]	0.047170 (0.12632) [0.37342]	0.164896 (0.17842) [0.92419]
LPIB(-1)	-5.849719 (10.9947) [-0.53205]	-1.874298 (1.75150) [-1.07011]	17.66531 (10.8911) [1.62200]	-66.26624 (81.6984) [-0.81111]	1.471763 (1.27976) [1.15003]	3.311290 (1.35174) [2.44965]	2.105354 (1.90928) [1.10270]
LPIB(-2)	-22.55195 (11.1414) [-2.02416]	-2.733723 (1.77488) [-1.54023]	27.36984 (11.0364) [2.47996]	-239.8560 (82.7886) [-2.89721]	-1.635384 (1.29683) [-1.26106]	-1.451979 (1.36978) [-1.06001]	-2.918303 (1.93475) [-1.50836]
LPIB(-3)	-8.045107 (11.4235) [-0.70426]	1.554893 (1.81982) [0.85442]	-0.914163 (11.3159) [-0.08079]	76.87459 (84.8852) [0.90563]	-1.763831 (1.32968) [-1.32651]	2.089554 (1.40447) [1.48779]	-0.441307 (1.98375) [-0.22246]
LPRODUCTIVIDAD(-1)	5.253486 (10.9945) [0.47783]	2.126327 (1.75148) [1.21402]	-17.36773 (10.8909) [-1.59470]	72.93785 (81.6971) [0.89278]	-1.724928 (1.27974) [-1.34788]	-2.862803 (1.35172) [-2.11790]	-1.617206 (1.90925) [-0.84704]
LPRODUCTIVIDAD(-2)	22.13417 (10.8033) [2.04884]	2.596293 (1.72102) [1.50858]	-26.32956 (10.7015) [-2.46036]	230.4230 (80.2764) [2.87037]	1.556580 (1.25748) [1.23785]	1.287840 (1.32821) [0.96960]	3.266293 (1.87604) [1.74105]
LPRODUCTIVIDAD(-3)	8.272092 (11.1725) [0.74039]	-1.542767 (1.77984) [-0.86680]	-0.516864 (11.0673) [-0.04670]	-78.38383 (83.0202) [-0.94415]	2.010876 (1.30046) [1.54628]	-2.204269 (1.37361) [-1.60473]	0.417081 (1.94017) [0.21497]
LTCAMBIO(-1)	-0.227023 (0.19227) [-1.18078]	-0.062709 (0.03063) [-2.04738]	0.016750 (0.19045) [0.08795]	-1.739617 (1.42868) [-1.21764]	0.170204 (0.02238) [7.60540]	-0.038911 (0.02364) [-1.64610]	-0.107732 (0.03339) [-3.22667]
LTCAMBIO(-2)	0.627627 (0.27740) [2.26254]	0.139335 (0.04419) [3.15300]	0.543667 (0.27479) [1.97851]	-0.996701 (2.06128) [-0.48353]	-0.151982 (0.03229) [-4.70697]	0.020768 (0.03410) [0.60895]	0.131301 (0.04817) [2.72568]
LTCAMBIO(-3)	-0.102539 (0.28779) [-0.35630]	0.069167 (0.04585) [1.50868]	0.118532 (0.28507) [0.41579]	5.137044 (2.13847) [2.40221]	0.050672 (0.03350) [1.51268]	0.035256 (0.03538) [0.99644]	0.066219 (0.04998) [1.32502]
C	434.8534 (192.184) [2.26270]	35.95603 (30.6158) [1.17443]	-535.3136 (190.373) [-2.81193]	2715.525 (1428.06) [1.90154]	22.48591 (22.3698) [1.00519]	-46.65402 (23.6281) [-1.97452]	26.47973 (33.3736) [0.79343]
R-squared	0.968735	0.996074	0.995522	0.786683	0.999718	0.999913	0.993431
Adj. R-squared	0.954896	0.994337	0.993539	0.692264	0.999594	0.999874	0.990523
Sum sq. resids	0.450355	0.011429	0.441907	24.86668	0.006102	0.006807	0.013581
S.E. equation	0.085924	0.013688	0.085114	0.638475	0.010001	0.010564	0.014921
F-statistic	70.00145	573.2459	502.2143	8.331840	8023.223	25916.80	341.6535
Log likelihood	108.9573	272.4446	109.8000	-69.54323	300.3731	295.5028	264.7684
Akaike AIC	-1.819266	-5.493137	-1.838202	2.191983	-6.120745	-6.011299	-5.320638
Schwarz SC	-1.036324	-4.710196	-1.055260	2.974925	-5.337803	-5.228357	-4.537696
Mean dependent	1.401775	4.416236	13.17596	2.288944	4.204034	21.96253	16.41963
S.D. dependent	0.404580	0.181889	1.058913	1.150946	0.496289	0.942050	0.153272
Determinant resid covariance (dof adj.)	4.62E-30						
Determinant resid covariance	1.54E-31						
Log likelihood	2020.530						
Akaike information criterion	-39.74225						
Schwarz criterion	-32.69577						

Elaboración propia con datos del INEGI y Banco de México

Como se observa en el cuadro anterior, muchos de los coeficientes no son significativos pero eso no significa que no aporten información para explicar la inflación. La evaluación se realizó con la prueba de Wald.

A continuación se observa que el VAR no presenta problemas de normalidad, autocorrelación ni heteroscedasticidad. Para ello se usaron las siguientes pruebas:

Cuadro 2. Prueba de Normalidad del modelo VAR

VAR Residual Normality Tests Orthogonalization: Residual Covariance (Urzua) Null Hypothesis: residuals are multivariate normal Date: 11/16/17 Time: 12:13 Sample: 1990Q1 2015Q4 Included observations: 90				
Component	Skewness	Chi-sq	df	Prob.
1	0.054696	0.047951	1	0.8267
2	0.057398	0.052807	1	0.8182
3	0.281556	1.270629	1	0.2598
4	-0.442481	3.138199	1	0.0765
5	0.124376	0.247951	1	0.6185
6	-0.694398	7.728710	1	0.0054
7	-0.257246	1.060690	1	0.3031
8	0.131098	0.275466	1	0.5997
9	3.013958	145.6012	1	0.0000
Joint		159.4236	9	0.0000
Component	Kurtosis	Chi-sq	df	Prob.
1	3.957277	4.631955	1	0.0314
2	2.305414	1.748452	1	0.1861
3	2.319952	1.668519	1	0.1965
4	5.818085	36.79847	1	0.0000
5	3.893443	4.072043	1	0.0436
6	4.977550	18.47464	1	0.0000
7	3.761951	3.032313	1	0.0816
8	2.671229	0.305637	1	0.5804
9	18.87187	1123.804	1	0.0000
Joint		1194.536	9	0.0000
Component	Jarque-Bera	df	Prob.	
1	4.679906	2	0.0963	
2	1.801259	2	0.4063	
3	2.939148	2	0.2300	
4	39.93667	2	0.0000	
5	4.319964	2	0.1153	
6	26.20335	2	0.0000	
7	4.093003	2	0.1292	
8	0.581103	2	0.7479	
9	1269.405	2	0.0000	
Joint	3500.746	660	0.0000	

Elaboración propia con datos del INEGI y Banco de México

El hecho de que exista cointegración entre las series, sólo indica asociación de largo plazo entre ellas, pero nada tiene que ver con la relación de causalidad. Usaremos la prueba de Granger para determinar estadísticamente si el pasado de las variables exógenas tiene algún efecto sobre el comportamiento de las variables endógenas y de esta manera pueda explicarlo.

Cuadro 4. Prueba de Granger para el modelo VAR

VAR Granger Causality/Block Exogeneity Wald Tests

Sample: 1990Q1 2015Q4

Included observations: 90

Dependent variable: LBONOSEXT				Dependent variable: LGGOB			
Excluded	Chi-sq	df	Prob.	Excluded	Chi-sq	df	Prob.
LCONSUMOP	5.398575	2	0.0673	LBONOSEXT	3.835454	2	0.1469
LGGOB	0.528049	2	0.7680	LCONSUMOP	17.53654	2	0.0002
LINFLACIO...	8.468449	2	0.0145	LINFLACIO...	7.163076	2	0.0278
LINPC	3.002442	2	0.2229	LINPC	26.13354	2	0.0000
LOMONE	2.763923	2	0.2511	LOMONE	10.44924	2	0.0054
LPIB	3.660154	2	0.1604	LPIB	4.180932	2	0.1236
LPRODUC...	3.700175	2	0.1572	LPRODUC...	4.628655	2	0.0988
LTCAMBIO	6.664454	2	0.0357	LTCAMBIO	6.967398	2	0.0307
All	43.48057	16	0.0002	All	559.8021	16	0.0000

Dependent variable: LCONSUMOP				Dependent variable: LINFLACIONUSA			
Excluded	Chi-sq	df	Prob.	Excluded	Chi-sq	df	Prob.
LBONOSEXT	3.796874	2	0.1498	LBONOSEXT	1.656949	2	0.4367
LGGOB	3.649930	2	0.1612	LCONSUMOP	0.690255	2	0.7081
LINFLACIO...	5.439680	2	0.0659	LGGOB	1.188470	2	0.5520
LINPC	22.24348	2	0.0000	LINPC	2.015433	2	0.3651
LOMONE	10.94606	2	0.0042	LOMONE	0.456858	2	0.7958
LPIB	2.485744	2	0.2886	LPIB	6.693161	2	0.0352
LPRODUC...	2.886982	2	0.2361	LPRODUC...	6.450952	2	0.0397
LTCAMBIO	17.18334	2	0.0002	LTCAMBIO	0.686396	2	0.7095
All	117.1552	16	0.0000	All	20.60386	16	0.1942

Dependent variable: LINPC				Dependent variable: LPIB			
Excluded	Chi-sq	df	Prob.	Excluded	Chi-sq	df	Prob.
LBONOSEXT	4.088642	2	0.1295	LBONOSEXT	3.048760	2	0.2178
LCONSUMOP	1.614823	2	0.4460	LCONSUMOP	9.317378	2	0.0095
LGGOB	9.319939	2	0.0095	LGGOB	0.690434	2	0.7081
LINFLACIO...	8.253930	2	0.0161	LINFLACIO...	6.221661	2	0.0446
LOMONE	3.405619	2	0.1822	LINPC	13.59620	2	0.0011
LPIB	3.986285	2	0.1363	LOMONE	7.887904	2	0.0194
LPRODUC...	4.023048	2	0.1338	LPRODUC...	7.582034	2	0.0226
LTCAMBIO	69.59187	2	0.0000	LTCAMBIO	22.61185	2	0.0000
All	137.6107	16	0.0000	All	91.45319	16	0.0000

Dependent variable: LOMONE				Dependent variable: LPRODUCTIVIDAD			
Excluded	Chi-sq	df	Prob.	Excluded	Chi-sq	df	Prob.
LBONOSEXT	0.870976	2	0.6469	LBONOSEXT	2.598736	2	0.2727
LCONSUMOP	23.05409	2	0.0000	LCONSUMOP	8.350633	2	0.0154
LGGOB	28.48156	2	0.0000	LGGOB	0.538843	2	0.7638
LINFLACIO...	17.43355	2	0.0002	LINFLACIO...	6.258567	2	0.0437
LINPC	1.370874	2	0.5039	LINPC	12.36344	2	0.0021
LPIB	6.884203	2	0.0320	LOMONE	6.250539	2	0.0439
LPRODUC...	5.856356	2	0.0535	LPIB	7.401950	2	0.0247
LTCAMBIO	5.777587	2	0.0556	LTCAMBIO	22.21734	2	0.0000
All	78.54928	16	0.0000	All	89.40681	16	0.0000

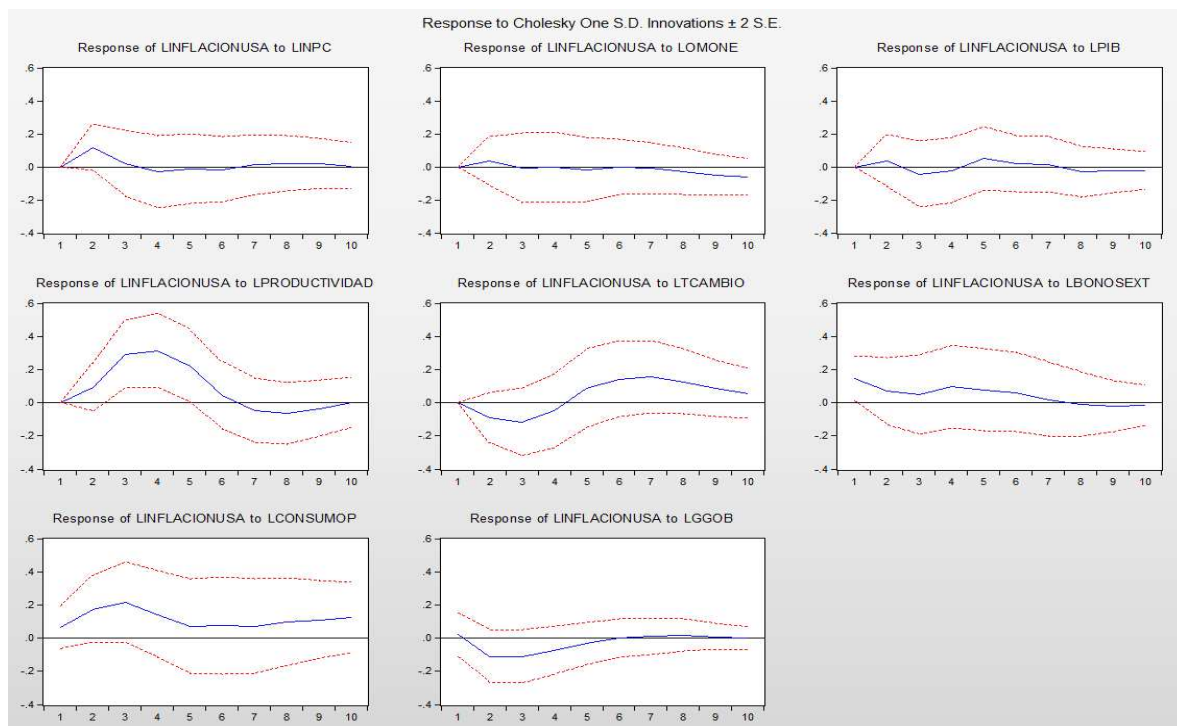
Dependent variable: LTCAMBIO

Excluded	Chi-sq	df	Prob.
LBONOSEXT	2.300796	2	0.3165
LCONSUMOP	0.035890	2	0.9822
LGGOB	1.173039	2	0.5563
LINFLACIO...	1.396890	2	0.4974
LINPC	0.323556	2	0.8506
LOMONE	0.104768	2	0.9490
LPIB	1.243750	2	0.5369
LPRODUC...	1.239515	2	0.5381
All	10.03230	16	0.8649

Elaboración propia con datos del INEGI y Banco de México

El cuadro 4 presenta los resultados de las ecuaciones para cada variable de estudio generadas por el VAR, es decir cómo influye una variable en cada una de las demás y en su conjunto, por ejemplo para la tasa de crecimiento del INPC determinamos que esta causado por el gasto de gobierno, el tipo de cambio y la inflación externa y aunque directamente en los resultados no arroje que depende de las demás variables arroja que en conjunto el consumo privado, el gasto de gobierno, la inflación externa, el tipo de cambio, la oferta monetaria, el PIB y la productividad si causan a la inflación. Para reforzar la prueba de Granger obtenemos las gráficas de impulso respuesta para la inflación y en el apéndice se colocan las gráficas para las demás variables.

Gráfica 12. Gráficas de impulso respuesta para la inflación



Elaboración propia con datos del INEGI y Banco de México

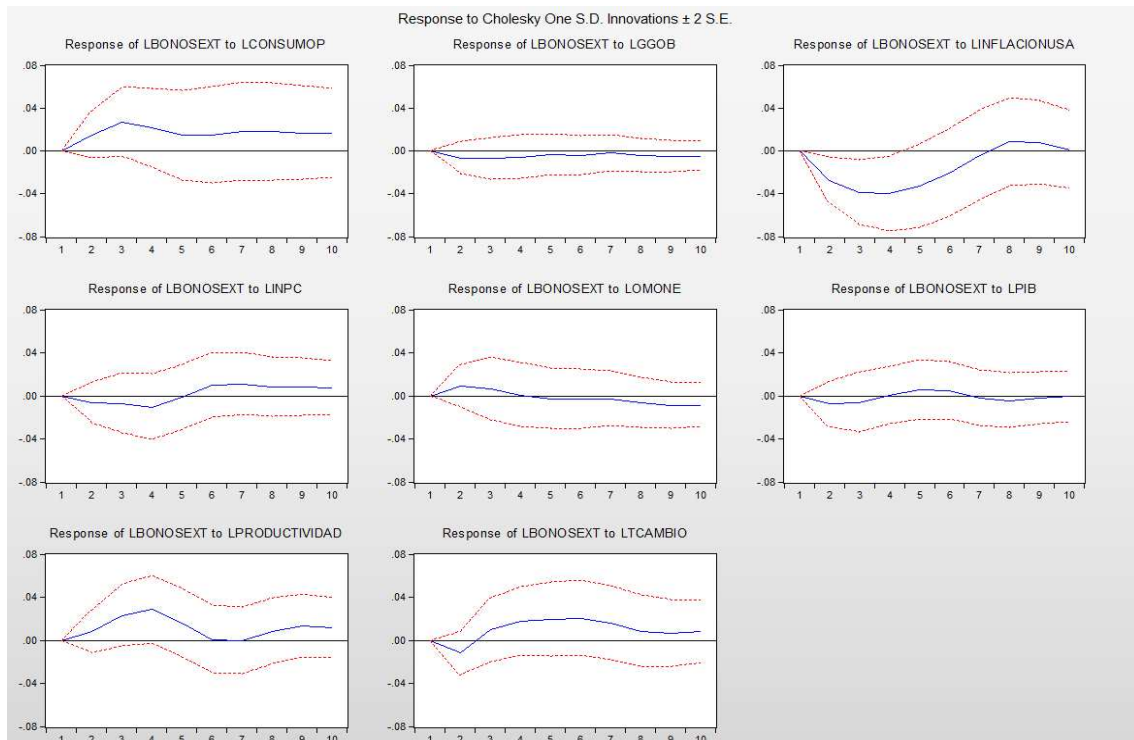
5. CONCLUSIONES

En esta investigación se desarrolló un modelo de equilibrio macroeconómico en un ambiente estocástico de una economía pequeña y abierta, en dicho modelo se incluye a la política monetaria, fiscal, y de deuda, la inflación externa y la productividad como factores exógenos, y a los rendimientos de los activos (en moneda extranjera), la acumulación de capital, el consumo, los impuestos y el tipo de cambio como factores endógenos. Se determinó que en el equilibrio la inflación esta determinada positivamente por un incremento de la tasa de expansión monetaria, el gasto de gobierno, y el incremento en la tasa de productividad, y negativamente por el rendimiento real de los bonos externos y el consumo. Asimismo en (π_t) se corrobora que la incertidumbre en la política monetaria, la producción, el gasto de gobierno y la inflación externa conducen a un escenario de incertidumbre en el comportamiento de la inflación. De igual manera se revisó si la evidencia empírica generando un modelo VAR a partir de los resultados teóricos da como resultado que la inflación se comporte como lo predice el modelo teórico, y concluimos que efectivamente esta influenciada de manera directa por el gasto de gobierno, el tipo de cambio y la inflación externa y de manera indirecta por las demás variables.

Por tanto, podemos decir que un modelo estocástico que incluye los factores de riesgo (que se modelan con movimiento browniano combinado con un proceso de poisson) puede ser capaz de obtener resultados apropiados y muy cercanos a los que se presentan en la realidad (para una economía pequeña y abierta).

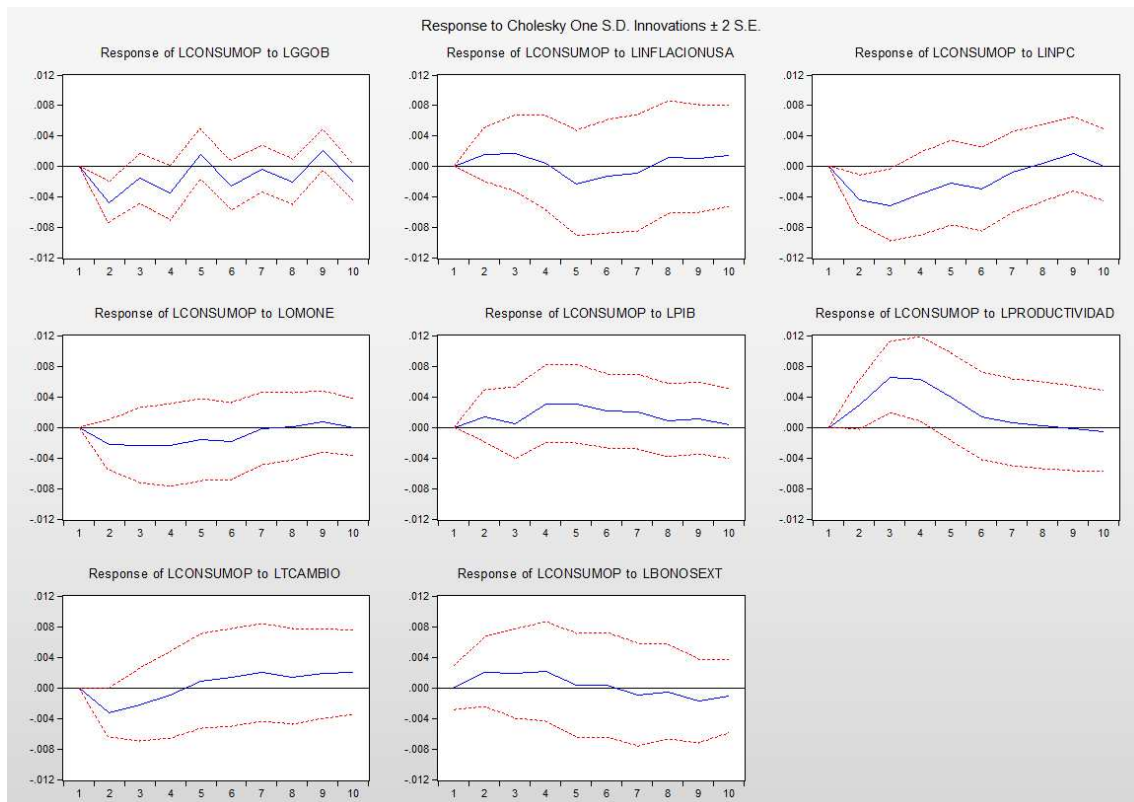
Apéndice

Gráfica 13. Gráficas de impulso respuesta para la inflación



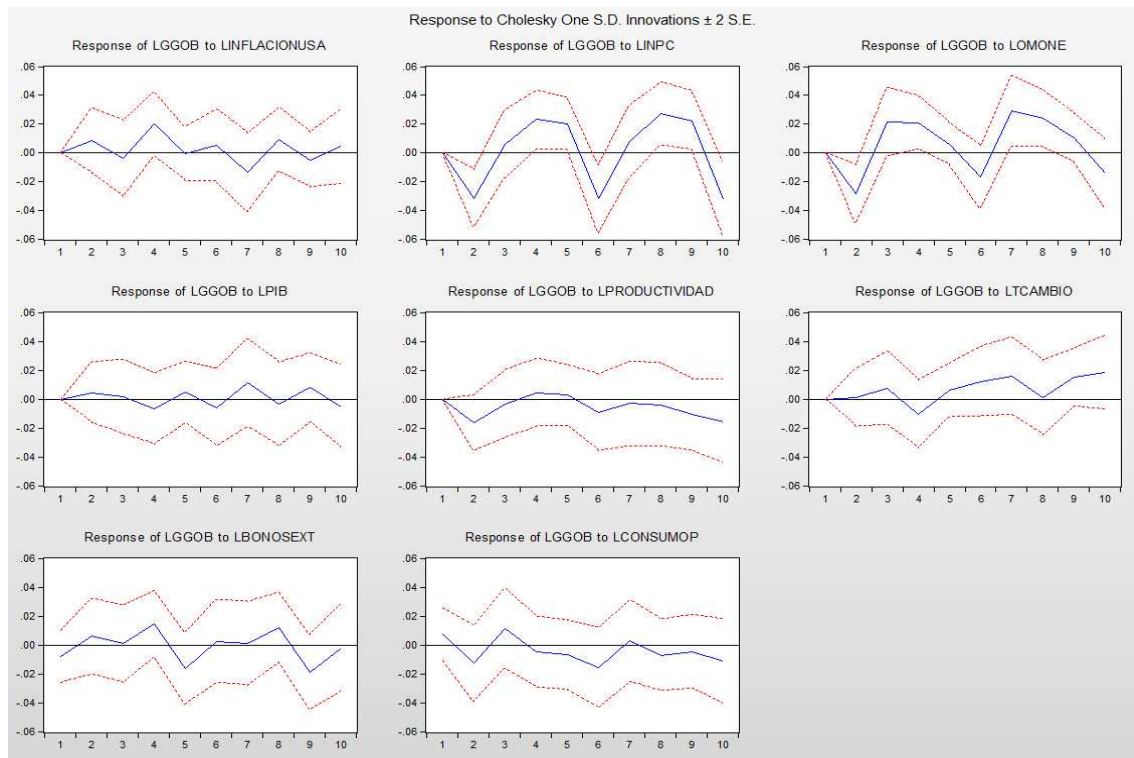
Elaboración propia con datos del INEGI y Banco de México

Gráfica 14. Gráficas de impulso respuesta para la inflación



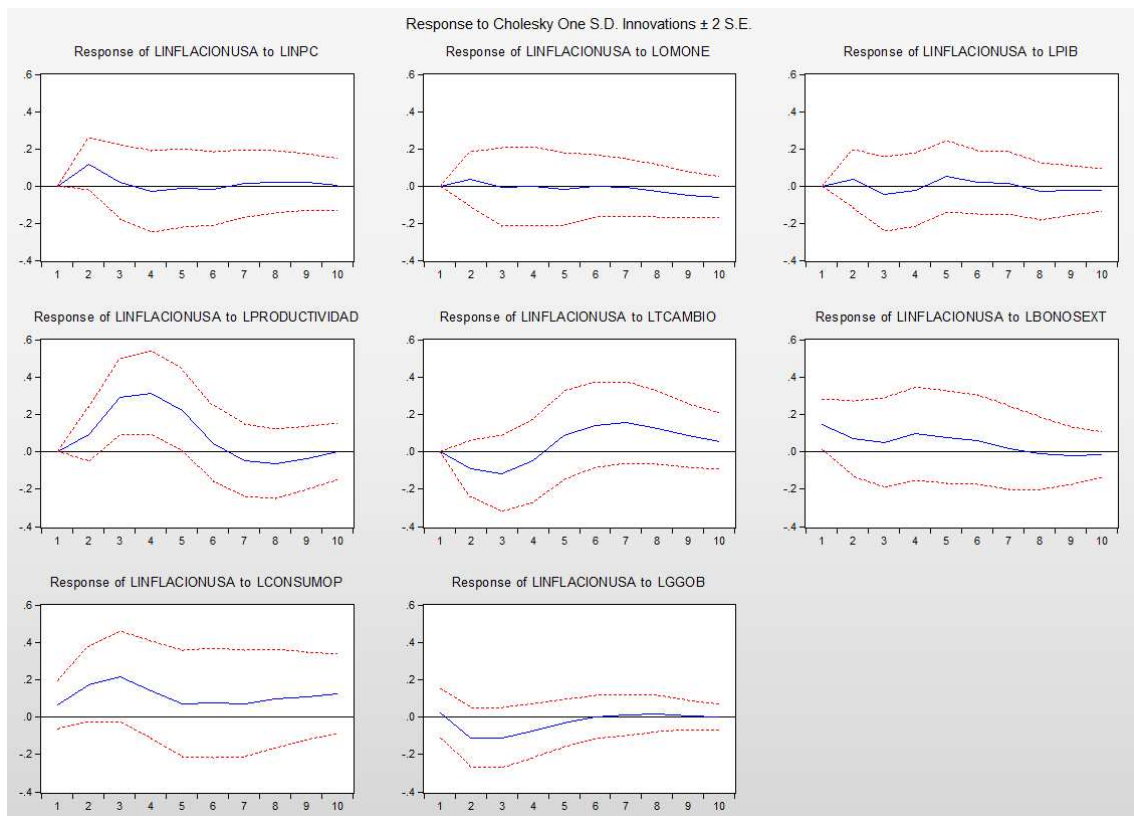
Elaboración propia con datos del INEGI y Banco de México

Gráfica 15. Gráficas de impulso respuesta para la inflación



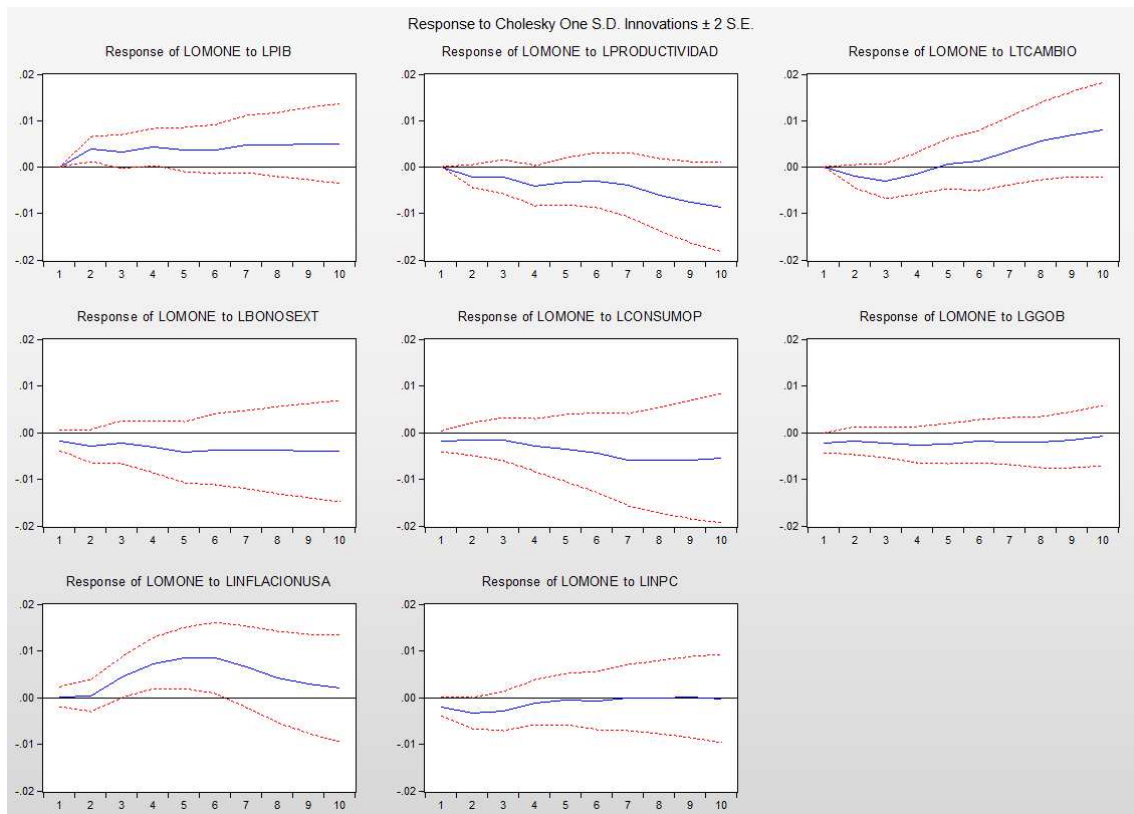
Elaboración propia con datos del INEGI y Banco de México

Gráfica 16. Gráficas de impulso respuesta para la inflación



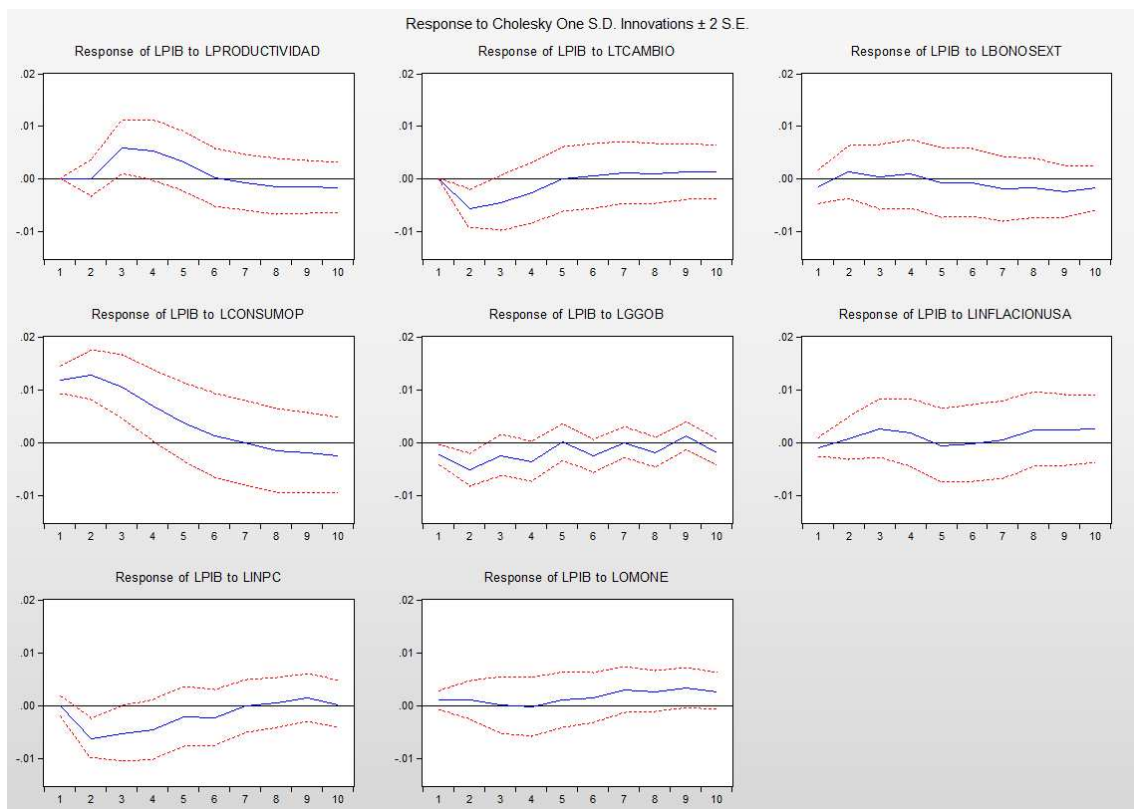
Elaboración propia con datos del INEGI y Banco de México

Gráfica 17. Gráficas de impulso respuesta para la inflación



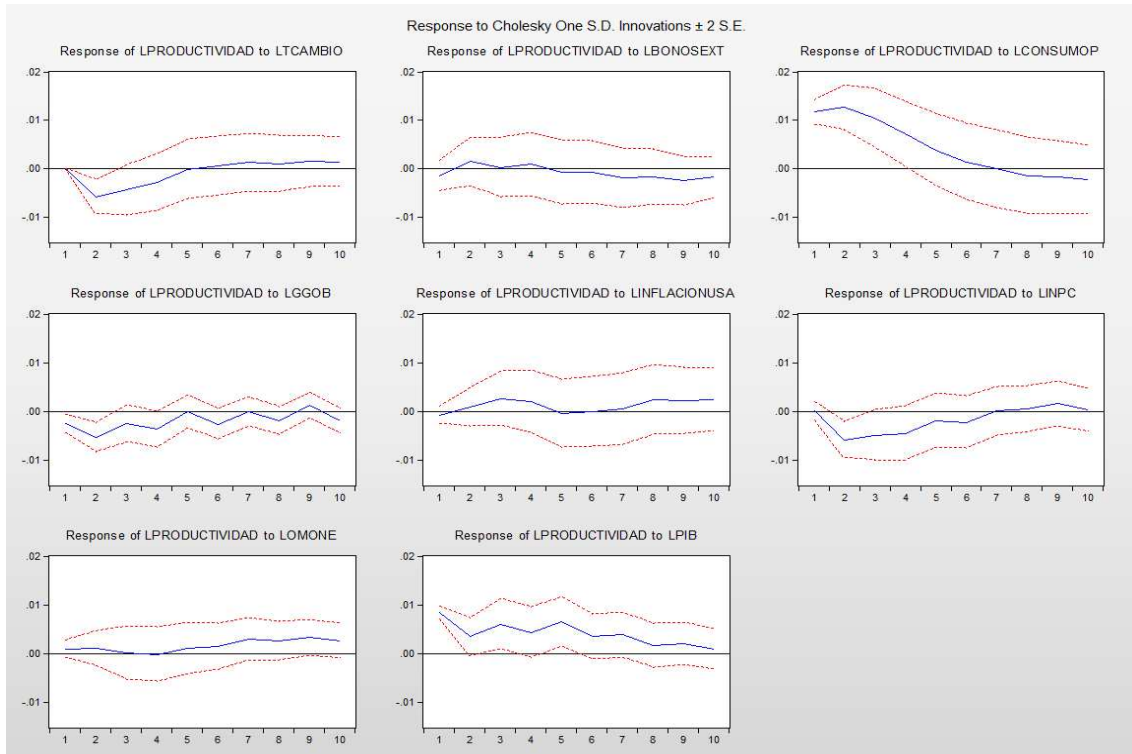
Elaboración propia con datos del INEGI y Banco de México

Gráfica 18. Gráficas de impulso respuesta para la inflación



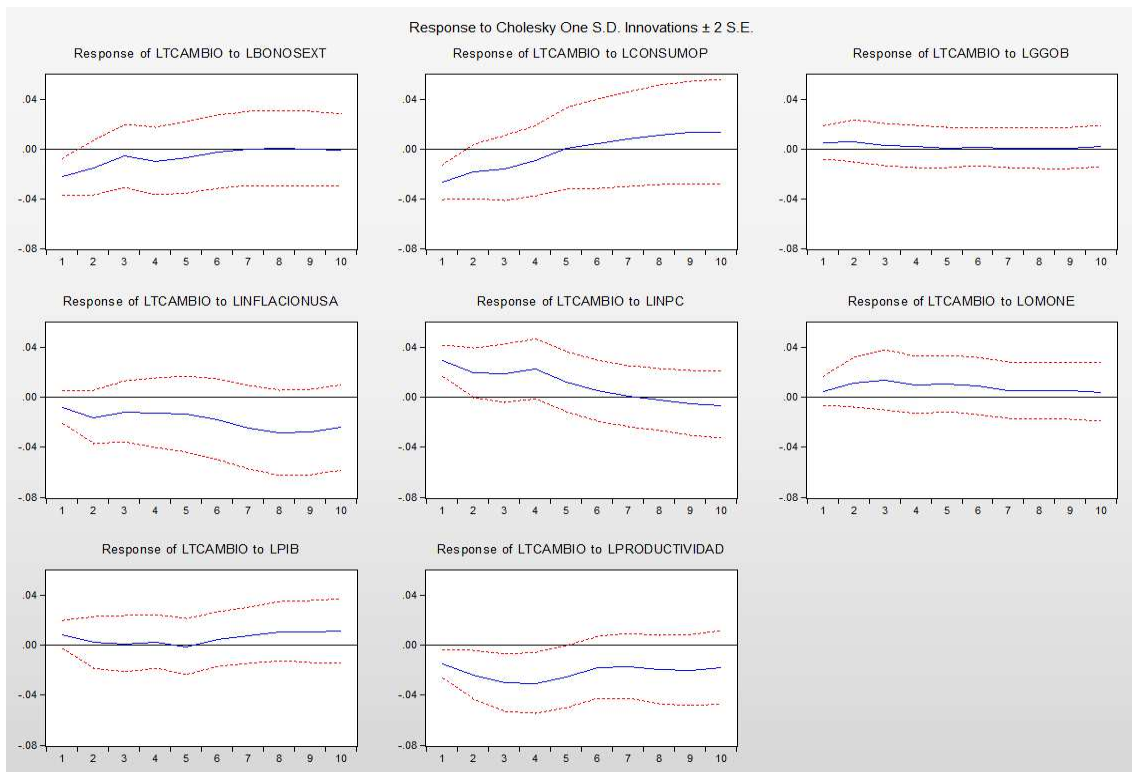
Elaboración propia con datos del INEGI y Banco de México

Gráfica 19. Gráficas de impulso respuesta para la inflación



Elaboración propia con datos del INEGI y Banco de México

Gráfica 20. Gráficas de impulso respuesta para la inflación



Elaboración propia con datos del INEGI y Banco de México

BIBLIOGRAFÍA

- Aportela-Rodríguez, F., J. A. Ardaín-Ituarte e Y. Cruz-Aguayo (2001). Comportamiento histórico de las tasas de interés reales en México: 1951-2001. Documento de Investigación del Banco de México. Noviembre, Núm. 2001-05.
- Banco de México, (2009), Regímenes cambiarios en México a partir de 1954. Documento elaborado en septiembre 2009.
- Engle, R. F., y C. W. Granger (1987), Co-Integration and Error Correction: Representation, Estimation, and Testing. *Econometrica*, Vol. 55, No. 2, pp. 251-276.
- Castillo-Ramírez, C., F. López-Herrera, y F. Venegas-Martínez (2016). Efectos de saltos inesperados en el gasto público y variables demográficas en el crecimiento económico: El caso mexicano 1936-2012. *El Trimestre Económico*, Vol. 86(4), No. 332, pp. 725-745.
- Díaz-Carreño M. A. y R. Vergara-González (2011). Tipo de cambio e inflación en México: Comportamiento y expectativas para 2012, *Revista Trimestral de Análisis de Coyuntura Económica*, Vol. 4, No. 4, pp. 1-4.
- Díaz de León, A. y L. Greenham (2000). Política monetaria y tasas de Interés: Experiencia reciente para el caso de México. Dirección General de Investigación Económica. Documento de Investigación No. 2000-08. Banco de México.
- Dickey, D. A., and Fuller, W. A. (1979), Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series With a Unit Root. *Journal of the American Statistical Association*, Vol. 74, No. 366. pp. 427-431.
- Enders, W. (2010). Applied Econometric Time Series, Third Edition. Wiley, India.
- Garrido, C. (2004). Política monetaria y desarrollo económico en México desde 1995. *El Cotidiano*, Vol. 20, No. 126, pp. 1-13
- Germán-Soto, V. (2015). Co-movimiento, persistencia y volatilidad de variables macroeconómicas mexicanas en presencia de cambio estructural, 1940-2012, *Ciencia Ergo Sum*, Vol. 22, No. 3, pp. 192-203.
- Granger, C. W. (1969). Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-Spectral Methods. *Econometrica*, Vol. 37, No. 3, pp. 424-438.
- González-Aréchiga B. y F. Venegas-Martínez (2001). Riesgo cambiario, brecha de madurez y cobertura con futuros: análisis local y de valor de riesgo. *Economía Mexicana, Nueva Época*, Vol. 10, No. 2, pp. 259-290.
- Johansen, S. (1988). Statistical Analysis of Cointegration Vectors. *Journal of Economic Dynamics and Control*, Vol. 12, No. 2-3, pp. 231-254.
- Levy-Orlik, N. (2014). La política monetaria y el crecimiento económico: la tasa de interés de referencia del Banco de México. *Economía Informa*, No. 387, pp. 21-42.
- Ludlow-Wiechers J. y J. León-León (2008). Efectos de la política monetaria sobre los precios, la producción el empleo: México, 1986-2005. *Investigación Económica*, Vol. 67, No. 266, pp. 95-134.
- OCDE, (2015), Estudios económicos de la OCDE México, Visión General. Enero 2015.
- Phillips, P. C. B. and P. Perron (1988). Testing for a Unit Root in Time Series Regression. *Biometrika*, Vol. 75, No. 2, pp. 335-346.
- Schwartz-Rosenthal M. J. y A. Torres-García (2000). Expectativas de Inflación, Riesgo País y Política Monetaria en México. Documento de Investigación No. 2000-06. Dirección General de Investigación Económica. Banco de México.
- Sims, C. A. (1980), Macroeconomics and Reality, *Econometrica*. Vol. 48, pp. 1-48.

- Sims, C. A. (1986), Are Forecasting Models Usable for Policy Analysis? *Federal Reserve Bank of Minneapolis Quarterly Review*. Vol. 10, No. 1, 2–16.
- Segura-Rodríguez, D., F. Venegas-Martínez y H. Allier-Campuzano (2014). Análisis estocástico de una economía pequeña y abierta: políticas fiscal y monetaria. *Eseconomía, Revista de Estudios Económicos, Tecnológicos y Sociales*, Vol. 9, No. 41, pp. 21-52.
- Téllez-León, I. E. y F. Venegas-Martínez (2013). Principales determinantes en las decisiones de política monetaria de México: un análisis econométrico. *Estudios Económicos*, Vol. 28, No. 1, pp. 79-108.
- Venegas-Martínez, F. y B. González-Aréchiga (2000). Mercados financieros incompletos y su impacto en los programas de estabilización de precios: el caso mexicano. *Momento Económico*, No. 111, pp. 20-27.
- Venegas-Martínez, F., G. A. Agudelo-Torres, L. C. Franco-Arbeláez y L. E. Franco-Ceballos (2016). Precio del dólar estadounidense en el mundo, procesos de Itô económicamente ponderados en un análisis espacial. *Economía y Sociedad*, Vol. 20, No. 34, pp. 83-105.
- Venegas-Martínez, F. (2000). On Consumption, Investment, and Risk. *Economía Mexicana, Nueva Época*, Vol. 9, No. 2, pp. 227-244.
- Venegas-Martínez, F. (2000). Utilidad, aprendizaje y estabilización. *Gaceta de Economía*, Año 5, No. 10, pp. 153-169.
- Venegas-Martínez, F. (2008). Riesgos financieros y económicos: Productos derivados y decisiones económicas bajo incertidumbre, Segunda Edición. Cengage Learning México.
- Venegas-Martínez, F. (2009). Un modelo estocástico de equilibrio macroeconómico: acumulación de capital, inflación y política fiscal. *Investigación Económica*, Vol. 68, No. 268, pp. 69-114.
- Venegas-Martínez, F. (2009). Temporary Stabilization in Developing Countries and Real Options on Consumption. *International Journal of Economic Research*, Vol. 6, No. 2, pp. 237-257.

Páginas web:

Banco de México, disponible en: <http://www.banxico.org.mx/>

Comisión Nacional Bancaria y de Valores: <http://www.gob.mx/cnbv>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía: <http://www.inegi.org.mx/default.aspx>